

Universidade Federal de
Santa Catarina

Centro de Ciências da
Saúde

Programa de Pós-
Graduação em
Odontologia

Área de concentração
em Dentística

[www.ccs.ufsc.br/
posodonto](http://www.ccs.ufsc.br/posodonto)

Campus Universitário
Trindade

Florianópolis- SC

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da
Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do
Título de Doutor em Odontologia, área de concentração em Dentística.

Orientador:

Prof. Dr. Élio Araújo

Coorientadores:

Prof. Dr. Luiz Clovis Cardoso Vieira

Prof. Dr. med. dent. Daniel Edelhoff (Ludwig-Maximilians Universität München)

Florianópolis, 2011

JÚNIO S. ALMEIDA E SILVA

MOLDAGEM DIGITAL: Precisão de adaptação e fluxo de trabalho digital

MOLDAGEM DIGITAL

Precisão de adaptação e fluxo de trabalho digital

JÚNIO S. ALMEIDA E SILVA

O objetivo deste estudo *in vitro* foi comparar a precisão de moldagem da técnica digital com a precisão de moldagem da técnica convencional por meio da análise da adaptação marginal e interna de estruturas de próteses fixas de zircônia de quatro elementos, geradas por CAD/CAM.

A realização do doutorado contou com o apoio da CAPES, por meio do consentimento das bolsas de doutorado no país e da bolsa de doutorado sanduíche BEX 2354/10-1, com estágio realizado na Ludwig-Maximilians Universität (LMU), em Munique, na Alemanha.

Orientador:

Élio Araújo, Dr.

Coorientadores:

Luiz Clovis C. Vieira, Dr.

Daniel Edelhoff, Dr. (LMU)



JÚNIO S. ALMEIDA E SILVA

MOLDAGEM DIGITAL :
Precisão de adaptação e fluxo de trabalho digital

Florianópolis
2011

JÚNIO S. ALMEIDA E SILVA

MOLDAGEM DIGITAL :

Precisão de adaptação e fluxo de trabalho digital

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Doutor em Odontologia, área de concentração em Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Élio Araújo

Coorientadores: Prof. Dr. Luiz Clovis Cardoso Vieira

Prof. Dr. Daniel Edelhoff

Florianópolis

2011

À minha preciosa família.

A presente pesquisa foi idealizada em conjunto entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil e a *Ludwig-Maximilians Universität* (LMU), Munique, Alemanha, sob a orientação do Prof. Dr. Élio Araújo, e coorientação do Prof. Dr. Luiz Clovis C. Vieira. A execução laboratorial do trabalho foi realizada sob a orientação do Prof. Dr. med. dent. Daniel Edelhoff na LMU, onde o autor desta tese executou o estágio de doutorado no exterior PDEE da CAPES - Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior com a bolsa BEX 2354/10-1, no período compreendido entre setembro de 2010 e agosto de 2011.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e privilégio de ter uma família unida e grandes amigos.

Aos meus pais, Eli Rosa da Silva e Renner Santos Almeida: todo e qualquer agradecimento aqui escrito é um mero e falho exercício para explicar meu amor e minha eterna dívida pela luta de uma vida inteira que vós enfrentastes para educar a mim e a minha irmã.

Pai, tu és o homem mais correto e trabalhador que conheço. Estar junto a ti... As conversas filosóficas na garagem e até jogar futebol contigo são, para mim, coisas essenciais que sempre me fizeram falta nesses seis anos que moro longe de casa. Dizem que somos parecidos. Serei grande se conseguir ser um pouco do homem que és.

Mãe, grande artista, linda voz, tu encantas a mim com tua música e poesia que te tornam única. Obrigado pelo amor incondicional e pela revisão ortográfica desta tese. Admiro o cuidado e valor que atribuis à escrita poética e a sensibilidade artística que sempre me inspirou e norteia a forma pela qual tento escrever meus textos.

Nina, minha irmã, tu és linda, inteligente e tens um senso de humor único. Nossa cumplicidade é preciosa. Sinto muita falta do nosso convívio, espero que estejamos mais próximos em um futuro próximo. Obrigado por suportares minhas brincadeiras. Te amo!

Carla, meu amor, tu tens sido, ao longo desses anos, uma namorada incrível. Conseguimos lidar com a distância nesse meu período na Alemanha com maturidade e muito amor, e por isso serei sempre grato, porque sem teu apoio eu não teria conseguido. Sou encantado pela tua bondade, alegria, talento e altruísmo. Tenho muito a aprender contigo e aprendo a cada dia. Te amo, amorinho.

Vó Ana, mulher forte, agradeço-te pelas orações, pelo carinho, pelo exemplo de determinação e força. Obrigado pelos pães de queijo, bolos, “deliciosos” chás para o estômago, pelas originais sopas de pão e pela preciosa companhia. Te amo.

Vó Ruth, guerreira de personalidade forte, sempre cuidaste de mim, e tens meu eterno carinho e admiração. Obrigado pelos bolos, mingaus de fubá, e pelo amor estampado em teus olhos ao me ver. Amo-te.

Vô Adivá, homem inteligente e capaz, obrigado pelos anos que pude desfrutar da tua convivência. Foste cedo, mas estás presente em meu coração.

Vô “Neca”, obrigado pela agradável companhia, pelo inigualável senso de humor e por, principalmente junto a minha avó Ruth, bravamente teres iniciado a saga da família Correia ao migrardes do campo no interior de Goiás para a cidade. Esta tese de doutorado é fruto de vossa coragem.

Tio Nilton, meu amigo que amo como um irmão, mesmo na infância, tu sempre foste meu melhor amigo, o irmão mais velho que não tive. Obrigado pelos fins de semana que passei contigo na casa da vó Ruth, pelo corte no braço e por não denunciares meus furtos de enroladinhos de queijo no Ruth's bar. Quando criança, acompanhei tua adolescência, quando adolescente, presenciei o início de tua vida acadêmica, profissional, e hoje trabalhamos juntos. Obrigado por este privilégio.

Tios Élcio, Élio, Hailton e Luís, obrigado pela convivência, vós sabeis o quanto sois importantes. Cada sorriso que trocamos, piada que contamos, futebol que jogamos, significam muito para mim.

Tios Elizeu e Elinário, sois pessoas incríveis, que a mim demonstram um carinho incondicional. Vós sempre me ajudais quando preciso e espero retribuir este carinho sempre. Obrigado por tudo.

Tia Márcia, pela importante participação na minha infância e por seres essencial na minha formação. Só tenho recordações carinhosas contigo e amo-te por cada momento juntos na casa da Vó Ruth. Tia Marlene e Tia “Didi”, agradeço-vos todo o carinho que é derramado a cada vez que nos encontramos. Obrigado por existirdes na minha vida.

Tia Arlete, mulher forte e admirável, és para mim segunda mãe. Sou eternamente grato por tudo que fizeste e fazes por mim. Tia Heliane, mesmo distante, sei o quanto me amas e torces por minha felicidade.

Meus primos Sérgio, Aline, Jean, Renato, Leyliane, Sammuel, Débora, Priscila, Maria Tâmara, Taniele, Isabela, Oberdan, Marcelo, Késia, Lucas, Aline Patriarca, Angélica, Amanda, Bruna, Renata, Tiago, Taís, Gustavo, Henrique, Larissa, Lavínia e “princesa” Letícia, obrigado pelo carinho mútuo e pela incrível convivência.

Meus amigos Ângelo (Laudrup) e Daniel (Bala), sempre fareis parte da minha vida. Sois, essencialmente, meus irmãos de coração. Conheço-vos há mais de dezesseis anos e tenho por vós um grande amor fraterno. Obrigado pela leal amizade, que em quaisquer circunstâncias, permanece sempre forte.

Meu grande amigo Nicolas Widmer (*Nic, the bellyboat man*), obrigado pelos incríveis anos de convivência no Brasil e na Europa. Contigo aprendi sobre Odontologia, fotografia e outras culturas. Obrigado pela amizade, futebol, frescobol, praia, hilariantes conversas e pelas “semanas da produção”. Tu és um homem de caráter e tens meu carinho e admiração.

Laura Gonçalves, minha psicóloga, minha amiga, tu me ajudaste, sobremaneira, durante o doutorado. Sabes, como ninguém, de minhas dúvidas e inquietações, e sabes também, com poucas e sinceras palavras, me fazer achar algumas soluções e esclarecimentos. Hoje me conheço melhor, esperando que nossa relação de confiança prossiga.

Juliana Rolla, qualquer parágrafo aqui escrito é muito pouco para descrever tua importância para mim, minha querida amiga. Fizemos uma excelente parceria científica e uma eterna amizade. Tu me apoiaste nos meus momentos mais difíceis e espero ter contribuído um pouco para tua vida também. Sinto muita falta dos nossos cafés e trabalho, juntos. Tenho orgulho de ser teu amigo e espero reencontrar-te logo.

Renan Belli (*Resinman*), meu querido amigo, agradeço-te pela amizade durante esses seis anos, pelos agradáveis dias em Nuremberg. Admiro-te pelo caráter e competência em tudo que fazes. Obrigado por tudo.

Nadine Ketzler, as my German is not that great mein Mädchen, I would like to say a few words about you in English. My mother likes to say you have God within, I rather say God is lucky to be in you. I have never met a person so kind, lovely and altruist like you. As even though we have become friends very quickly, our friendship was forged on solid and true feelings. I hope we get together soon to talk about life and stuff and naturally to grab ein karottensuppe together. Thank you for the privilege of being your friend and for making my life easier in Munich.

Oliver Malmel, you might not realize it, but you have been a great friend to me and the very beginning of our friendship met the time when I most needed a friend around. More than a good british company for hanging out, good laughs, awesome football moves, matches and championships (not so high leveled tournaments, let's face it), I guess we really helped each other out and we shall (fancy royalty English) be friends, hopefully for good. Thanks for everything man.

Beatriz Gimenez, spanish girl, we have suddenly met, suddenly made a professional partnership and fortunately started a delightful friendship. Everything so sudden but everything so true. Thanks for the trust placed upon me.

Aos professores e amigos da Universidade Federal de Santa Catarina:

Meu orientador Prof. Dr. Élio Araújo, mesmo na distância, o Senhor nunca demonstrou algo diferente de incentivo e apoio a tudo que me propus fazer. Muito obrigado pela valiosa orientação e pela atenção a mim dispensada na condução desta tese de doutorado. O Senhor é um homem do bem, admiro-o muito pelo teu caráter e profissionalismo.

Prof. Dr. Luiz Narciso Baratieri, em 2005 no CIOSP entrei em uma fila para falar-lhe. Eu não sabia o que dizer nem tampouco a razão pela qual me dirigia ao Senhor, no entanto, eu sentia que deveria me apresentar, pois era um fã. Lembro-me, vagamente, do que conversamos, porque eu estava muito nervoso, mas tenho a plena certeza que a tímida decisão de falar com o Senhor foi um divisor de águas em minha vida. Apesar de ser mundialmente conhecido e respeitado, a mim surpreendeu-me com seu amor pelo ensino, a dedicação ao trabalho e a simplicidade. Sou-lhe eternamente grato por ter acreditado em mim, pelos seus grandes ensinamentos, pelas oportunidades concedidas e pela amizade. Sempre fui admirador de seu trabalho e hoje sou também admirador de sua pessoa.

Prof. Dr. Sylvio Monteiro Jr, com seriedade, simplicidade e amizade nos guiaste nas aulas para a graduação. Tu és a verdadeira expressão de mestre: corrigias-nos quando necessário e nunca nos “afagavas” no erro; sempre orientavas para que encontrássemos as respostas. Além disso, considero-te um grande amigo, parceiro de futebol, e sei que sempre posso contar contigo.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Luis Clovis Cardoso Vieira, muito obrigado pelos ensinamentos, senso de humor e incentivo ao constante melhoramento científico e pessoal. Apesar de, às vezes, acharmos que o Senhor estivesse brigando conosco, devido ao seu peculiar “jeito sensível” de falar, no fundo sabemos que não perde a ternura, jamais.

Aos demais professores que convivi no mestrado, na especialização e no doutorado da UFSC, Guilherme Carpena Lopes, Gilberto Müller Arcari, Mauro Amaral Caldeira de Andrada, Renata Gondo, Hamilton Pires Maia e Jussara Bernadon, obrigado pelo excelente convívio; e sabeí que com cada um de vós muito aprendi.

Aos professores Adriano de Almeida de Lima e Lúcia Coelho, da minha escola de formação em Anápolis, a UniEvangélica Centro Universitário, a qual estendo meu agradecimento, muito obrigado pelo constante apoio e incentivo quando, ainda na graduação, fazer mestrado e doutorado parecia um sonho distante.

Aos meus colegas de mestrado e doutorado Eduardo Roberty (Dudu), Livia Teichmann (Li), Neimar Sartori (Nei), Sheila, Silvana, Juan, Luana, Marcelo, Max e Daniel: cada um de vós sabeis a medida de nossa amizade. Obrigado pela excelente convivência e mútuo aprendizado.

Ao funcionário Bruno, o meu obrigado pela agradável companhia e ajuda técnica nas atividades na UFSC. Dona Léa, obrigado pela alegria e pela constante disposição em ajudar.

Aos professores e amigos da *Ludwig-Maximilians Universität*:

Prof. Dr. med. dent. Daniel Edelhoff, of all friendships forged throughout the year I spent in Munich, yours surprised me the most. I have learnt a lot by observing you working, especially by noticing the fair and kind way you treat everyone around you regardless of their social or academic position. Although your primary role was only meant to provide scientific support, you have offered me a great and hopefully long-lasting friendship through which I had the privilege to get acquainted and have a good time with your lovely family. I will never forget our delightful conversations in your office that helped see further and in a wider perspective somethings related to career and life decisions. I really hope we keep on working together and count on me for anything you ever need. Vielen Dank für alles und ich hoffe, Auf Wiedersehen.

Jan-Frederik Güth, I hopelessly can try to number all advantages of having worked with you for the last year. Nonetheless, two things we've discovered together should be pointed out: we make a good Brazilian/German team for scientific matters and we found out we are good friends. I have learnt a lot by working with you and I am pretty sure I'm currently more German and you have become more Brazilian either. Thanks for the jokes, laughs, advices and for the great trip to Cologne with LMU team. I am waiting for you in Brazil, I'm sure we will be working together and turning our ideas into actions very soon.

Mr. Erdelt, I really appreciate all the effort you have put on our research and thanks for the crucial support on the laboratory procedures. There wouldn't be a this thesis without you help.

Ms. Bernhardt, everybody at LMU used to say you had become my german mother, it turns out I really feel this way. You and Robert have made my stay in Munich more enjoyable. Thanks for all support, friendship, alps hiking and downhill sledding and thank you especially for having showed a true care towards me at all times. I'm coming back for another wine night. Wait up.

Mr. Schweiger, Björn, Marc and Florian Beuer, thank you for the great company, technical and scientific support. Thanks for the great Christmas dinner. I had a great time that day.

Prof. Dr. med. dent. Gernet thank you for welcoming me into your department and for showing me the path I should take for the German course at LMU I ended up attending afterwards.

All LMU Prosthodontics Department staff, of which I can cite Gabi, Ms. Aman, Karen, Hans, Ilse and the cleaning ladies, thank you for making my stay within the University easier and for always have talked to me with a smile on your faces.

As pessoas que me acolheram na própria casa, quando precisei: Paulo Henrique Simon e Dilse Batistelli Simon, meus sogros, nunca vou esquecer o apoio e carinho que a mim foram dados, principalmente logo após meu retorno à Florianópolis.

À UFSC por ter proporcionado as valiosas oportunidades de realização dos cursos de especialização, mestrado e doutorado em Dentística.

À CAPES - Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo consentimento das bolsas de doutorado no país durante o período entre 2009 e 2010 e da bolsa de doutorado sanduíche BEX 2354/10-1, no período compreendido entre setembro de 2010 e agosto de 2011.

À 3M ESPE, pelo apoio à pesquisa ao fornecer gratuitamente os serviços de usinagem das próteses de zircônia e de confecção dos modelos estereolitográficos para a presente tese.

À KaVo, pela gratuita confecção do modelo-mestre em titânio utilizado neste trabalho, bem como pelas fotografias tiradas do processo de usinagem do mesmo.

A todos que, por eventualidade, aqui não foram citados, mas que participaram na construção da minha formação até os dias de hoje, muito obrigado.

A imaginação é mais importante do que o conhecimento. O conhecimento é limitado a tudo que conhecemos e entendemos, ao passo que a imaginação abraça o mundo inteiro e tudo que ainda há para conhecer e entender.

Albert Einstein

RESUMO

Almeida e Silva JS. Moldagem Digital: Precisão de adaptação e fluxo de trabalho digital 2011. Tese (Doutorado em Odontologia - área de concentração: Dentística) - Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

O objetivo deste estudo *in vitro* foi comparar a precisão de moldagem da técnica digital com a precisão de moldagem da técnica convencional por meio da análise da adaptação marginal e interna de estruturas de próteses fixas (PFs) de zircônia de quatro elementos geradas por CAD/CAM. Materiais e Método: um modelo-mestre de titânio foi utilizado para a fabricação das estruturas de zircônia que foram divididas em dois grupos experimentais: MD (Moldagem Digital) e MC (Moldagem Convencional). Para o grupo MC, doze moldagens do modelo-mestre foram feitas com poliéter (Impregum, 3M ESPE) com o auxílio de moldeiras individuais; em seguida, os moldes foram vazados com gesso pedra Classe IV (Fujirock, GC), e troquelizados. Os doze troquéis foram escaneados pelo sistema de escaneamento óptico Lava™ Scan ST. Para o grupo MD, doze moldagens digitais do modelo-mestre foram realizadas com o sistema Lava™ C.O.S. As estruturas de zircônia de ambos os grupos foram usinadas a partir de blocos de zircônia semissinterizados. No intuito de confeccionar os espécimes relativos às fendas marginais e ao espaço interno de cimentação dos retentores das PFs, a técnica da réplica foi utilizada de modo que, para cada dente-pilar, fossem obtidas duas secções transversais (vestíbulo-lingual e méso-distal). Fotografias dos espécimes foram tiradas com uma câmera acoplada a um microscópio óptico. As imagens microscópicas foram exportadas para um software de análise de imagens (Optimas 6.5), onde as mensurações da adaptações marginais e internas foram conduzidas. As médias dos valores foram analisadas por meio do teste estatístico Mann-Whitney-U. Resultados para a adaptação geral: O grupo MD (59,84 μm) mostrou valor médio significativamente inferior ao grupo MC (67,79 μm) $P=0,01$. Os grupos MD e MC demonstraram adaptação marginal com valores médios sem diferença estatística de 63,96 μm e 65,33 μm , respectivamente. Os grupos MD e MC apresentaram valores de adaptação interna significativamente diferentes de 58,46 μm e 65,94 μm , $P=0,007$, respectivamente. Conclusões: As PFs confeccionadas por meio de ambas as moldagens digital e convencional exibiram valores de adaptação marginal clinicamente aceitáveis. A moldagem digital gerou melhores valores de adaptações geral e interna do que a moldagem convencional. Considerando cada face dos dentes-pilares, um padrão heterogêneo de distribuição nos valores foi observado para as adaptações marginal e interna.

Palavras-Chave: CAD/CAM, Zircônia, Adaptação marginal, Precisão

ABSTRACT

Almeida e Silva JS. Precision of four-unit zirconia fixed prostheses based on digital and conventional impression techniques. 2011. Thesis (P.h.D in Dentistry - Operative Dentistry) - Graduate Program in Dentistry, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis.

The aim of this *in vitro* study was to assess the precision of fit of CAD/CAM-generated four-unit zirconia fixed dental prostheses (FDPs) made through digital and conventional impressions. Material and method: a titanium master model was used as a basis for manufacturing the zirconia frameworks which were divided into two groups DI (Digital Impression) and CI (Conventional Impression). For group CI, twelve polyether impressions Impregum (3M ESPE) of the master model were made with aid of custom trays and poured in a Class IV stone (Fujirock). The twelve pin-models were scanned by an optical scanning device (Lava™ Scan ST). As for group DI, twelve digital impressions of the master model using Lava™ C.O.S. system were made. The frameworks of both groups were milled from semi-sintered zirconia. In order to obtain replicas of the marginal and internal gaps of the FDPs retainers, the replica technique was applied so that, per retainer, two cross-sectional specimens (buccal-palatal and mesio-distal) were obtained. Photographs of the specimens were taken with a digital camera which was attached to a microscope. The microscopic images were transferred to the imaging data software (Optimas 6.5), wherein the measurements of marginal and internal fit were carried out. Mean values were analyzed with descriptive statistics. Mann-Whitney-U statistical test was used to detect statistical differences between both investigated type of impressions in terms of marginal and internal fit for overall values and for values of different abutments faces. Results for overall fit: Group DI (59.84 μm) showed significant lower mean value than group CI (67.79 μm) $P=0.01$. Group DI and CI presented marginal fit of 63.96 μm and 65.33 μm , respectively, which showed no statistical difference. Groups DI and CI presented internal fit of 58.46 μm and 65.94 μm , respectively, which were statistically different, $P=0.007$. Conclusions: Both digital and conventional impressions tested showed clinically acceptable marginal fit. Digital impression demonstrated better overall and internal fit than conventional impression. Considering each abutment face, a heterogeneous distribution pattern was shown for internal and marginal fit.

Keywords: CAD/CAM, Zirconia, Fit, FDP, marginal fit, precision

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. MATERIAIS E MÉTODO.....	20
2.1. Modelo-Mestre.....	20
2.2. Grupos experimentais.....	26
2.3. Confecção das estruturas de zircônia pelo grupo MC.....	26
2.4. Confecção das estruturas de zircônia pelo grupo MD.....	35
2.5. Produção das réplicas e avaliação microscópica.....	45
2.6. Avaliação das adaptações marginais e internas.....	51
3. RESULTADOS.....	56
4. DISCUSSÃO.....	61
5. CONCLUSÕES.....	67
6. REFERÊNCIAS.....	69
7. APÊNDICES*.....	73



Estátua de Hercílio Luz, Florianópolis

1. INTRODUÇÃO

As moldagens com elastômeros (poliéter e polivinilsiloxano), denominadas de moldagens convencionais é realizado, mundialmente, como procedimento de rotina, na maioria dos consultórios. Estes materiais são precisos e estáveis.^{1,2,3,4,5,6} No entanto, apesar de a confecção de moldes de qualidade ser possível, é fato que a maioria dos moldes convencionais é considerada de baixa qualidade,^{7,8,9} apresentando problemas como a baixa reprodutibilidade das margens dos preparos, o rasgamento de algumas áreas do molde, a presença de debris impregnados no material de moldagem, de bolhas e indistinação das margens dos preparos com tecidos moles, após o vazamento do gesso.^{1,7,8,9}

Várias são as razões responsáveis pelos problemas supracitados dos moldes convencionais; entre elas estão a habilidade e o conhecimento do profissional na confecção das moldagens.¹ No entanto, existem fontes potenciais de erro inerentes a toda cadeia de procedimentos das moldagens convencionais que não dependem da ação do profissional. Estas fontes de erro são: a distorção potencial da moldagem, a desinfecção em solução antiséptica, a separação parcial ou total do molde da moldeira, bem como o transporte até o laboratório em diferentes condições climáticas.^{10,11,12,13,14}

A baixa qualidade dos moldes é um grande obstáculo para a produção de restaurações com alto nível de adaptação. As adaptações interna e marginal são uns dos mais importantes fatores que influenciam a longevidade das restaurações indiretas.¹⁵ As adaptações interna e marginal são denominadas como o grau de proximidade entre o preparo dental (a superfície e o ângulo cavo-superficial) e a restauração (as superfícies internas e marginais).¹⁶ Portanto, quanto maior a acurácia do molde, menor é o grau de proximidade entre o dente-pilar e a restauração; consequentemente, melhor são as adaptações interna e marginal da restauração.^{17,18} Estimativas relacionadas com o máximo valor de adaptação marginal clinicamente aceitável são variadas na literatura, porém, há um consenso que uma discrepância marginal igual ou menor que 120 μm (micrômetros) é desejável no que tange à longevidade clínica das restaurações.^{19,20,21,22,23,24}

Uma adaptação marginal inadequada, maior que 120 μm , pode causar diminuição da longevidade da restauração, pois expõe o cimento ao ambiente oral, levando a uma taxa de dissolução mais agressiva deste, pela ação dos fluidos orais e

forças químico-mecânicas.²⁵ Estas amplas discrepâncias marginais também contribuem para o acúmulo de placa bacteriana, componente *sine qua non* para o desenvolvimento de cáries secundárias e de doenças periodontais.^{26,27,28} Além disto, foi demonstrado que uma camada de cimento excessivamente espessa pode causar estresses de tração residuais que podem iniciar trincas nas cerâmicas de cobertura.²⁹ Nesse sentido, como a produção de restaurações adequadamente adaptadas é dependente do grau de acurácia do molde, a necessidade de otimização da qualidade deste é eminente.

As técnicas CAD/CAM (Computer aided design / Computer aided manufacturing) de confecção de restaurações odontológicas foram desenvolvidas com a intenção de automatizar ao máximo o processo de produção, para otimizar a qualidade das restaurações, bem como a qualidade do fluxo de trabalho. Não muito tempo atrás, a tecnologia CAD/CAM para a confecção de restaurações era realizada por duas vias independentes: pelo dentista, no consultório, ou pelo técnico, no laboratório. Somente um sistema capaz de realizar moldagens digitais era disponível para os dentistas, o sistema CEREC 3D (Sirona Dental Systems, Charlotte, N.C.), pois a tecnologia CAD/CAM havia sido quase estritamente limitada ao uso em laboratório, onde os modelos de gesso obtidos a partir de moldagens convencionais eram digitalizados para que, então, as restaurações pudessem ser desenhadas e usinadas.^{10,11,12,13} O avanço tecnológico e o advento de vários sistemas de moldagem digital permitem que, atualmente, o fluxo de trabalho seja totalmente digital, desde a moldagem feita no consultório até a confecção de restaurações monolíticas (não associadas a um coping) ou polilíticas (associadas a um coping) feita no laboratório.^{11,30,31}

No fluxo de trabalho totalmente digital, modelos virtuais tridimensionais (3D) da arcada do paciente são capturados por meio de um aparelho escaneador. Este conjunto de dados é enviados pela internet ao laboratório dental capacitado para trabalhar com esta tecnologia, onde o técnico pode avaliar o trabalho e pode, no modelo virtual, realizar a restauração no próprio laboratório, ou enviar a uma unidade de produção centralizada. Caso um modelo físico seja necessário (exemplo, para o técnico aplicar a cerâmica de cobertura em copings), é possível encomendar modelos de resina confeccionados por usinagem redutiva, ou também, por prototipagem rápida aditiva, predominantemente estereolitografia (SLA).^{10,31}

Assim como alguns sistemas de moldagem digital, o sistema Lava™ Chairside Oral Scanner (Lava C.O.S.) foi recentemente introduzido no mercado. Este scanner

intra-oral consiste de um sistema de cart móvel contendo: uma unidade central de processamento (CPU), um monitor do tipo “touch screen”, uma ponta escaneadora de 33cm de comprimento com uma ponta ativa de 14mm de largura, na qual situa-se uma câmera capaz de captar imagens de vídeo 3D e, instantaneamente, assimilá-las em um modelo virtual na tela. A captura das moldagens digitais é baseada em uma tecnologia denominada de *Active Wavefront Sampling*.³⁰ Foi demonstrado que coroas unitárias feitas por este sistema exibiram melhores resultados de adaptação marginal e de contato interproximal, quando comparadas com coroas feitas por meio de moldagem convencional.³¹ No entanto, se o mesmo resultado é verdadeiro para próteses fixas de quatro elementos é incógnito, na medida em que existe uma tendência para valores de adaptação marginal mais altos em estruturas de zircônia de maiores dimensões, especialmente se estas forem produzidas a partir de blocos cerâmicos pré-sinterizados.³²

Pesquisas envolvendo a qualidade da adaptação de próteses fixas têm sido realizadas para comparar tipos de materiais e de sistemas de fabricação CAD/CAM.^{15,17,18,26,28} No entanto, as evidências científicas são escassas sobre a precisão da técnica de moldagem digital e da sua resultante adaptação interna e marginal. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi comparar a precisão de moldagem da técnica digital com a precisão de moldagem da técnica convencional, por meio da análise da adaptação marginal e interna de estruturas de zircônia de quatro elementos geradas por CAD/CAM. As hipóteses trabalhadas foram que (1) ambas técnicas de moldagem produzem valores de adaptação marginal menores que 120 μm e que (2) a moldagem digital produz melhores valores de adaptações marginal e interna.



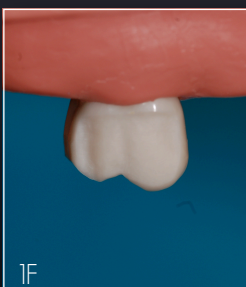
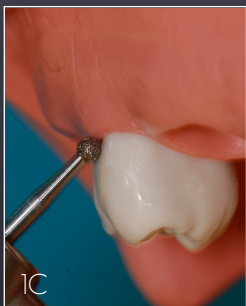
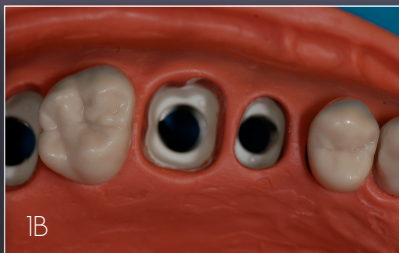
Rathaus, Marienplatz, Munique

2. MATERIAIS E MÉTODO

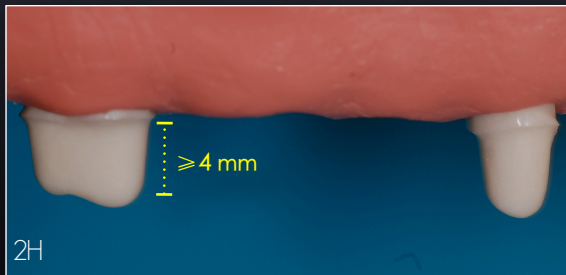
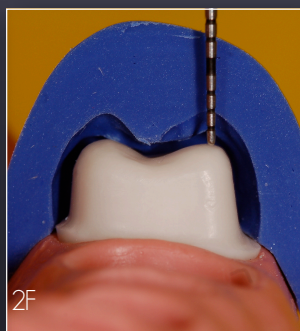
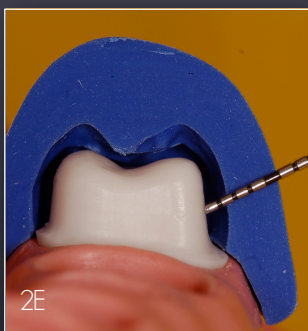
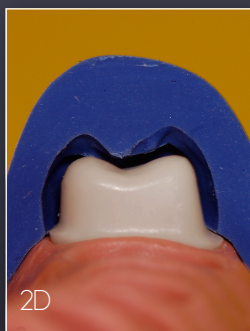
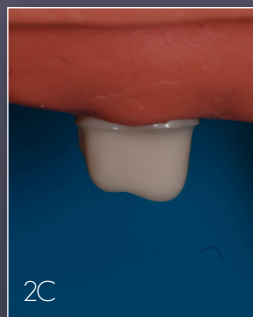
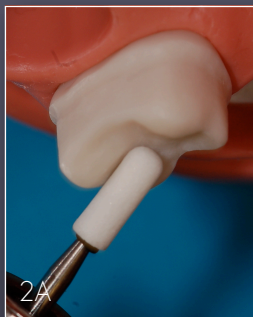
2. 1. MODELO-MESTRE

Para a confecção do modelo-mestre os dentes pilares: primeiro pré-molar superior esquerdo e segundo molar superior esquerdo, montados em um manequim de estudo (Basic Study Model, Kavo Dental GmbH) foram preparados para simular uma situação clínica para a indicação de uma prótese fixa de quatro elementos. As paredes axiais dos preparos apresentaram 4mm de altura, no mínimo, e um ângulo de divergência de 6° a 8°. A profundidade de desgaste foi constantemente controlada por meio de guias de silicone para que se obtivesse um desgaste uniforme de 1,5mm e 2,0mm de profundidade nas paredes axiais e oclusais, respectivamente. (Quadros 1 e 2).

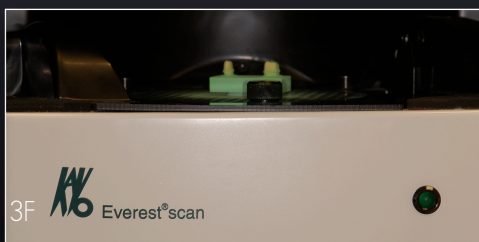
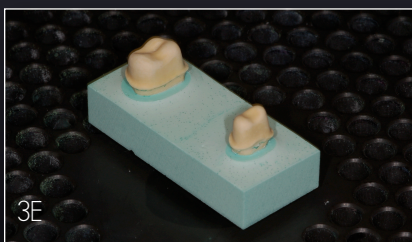
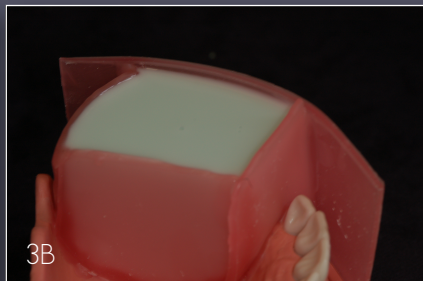
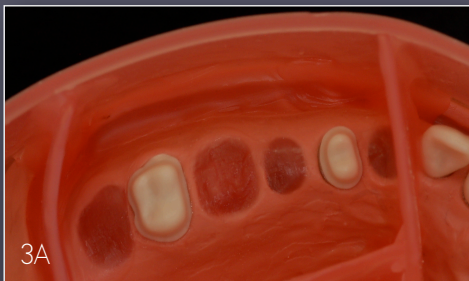
Para a confecção do modelo de gesso, uma barreira de cera foi construída de modo que o quadrante posterior do modelo de estudo fosse isolado. As áreas de encaixe dos dentes remanescentes foram preenchidas com cera e, em seguida, o espaço interno da barreira de cera foi preenchido com material de moldagem (Silagum, DMG, Alemanha). Após a presa do material de moldagem, o mesmo foi preenchido com gesso Classe IV (Fujirock white, GC Europe). Após desgastes seletivos e incorporação de uma base de gesso retangular, o modelo de gesso referente ao modelo-mestre foi obtido. O modelo de gesso foi subsequentemente digitalizado e transformado em um modelo virtual tridimensional por meio do *scanner* Everest (KaVo, Biberach, Alemanha). Os dados deste modelo tridimensional foram enviados para à unidade de produção centralizada da KaVo para a usinagem do modelo-mestre, a partir de um bloco de titânio. (Quadros 3, 4 e 5).



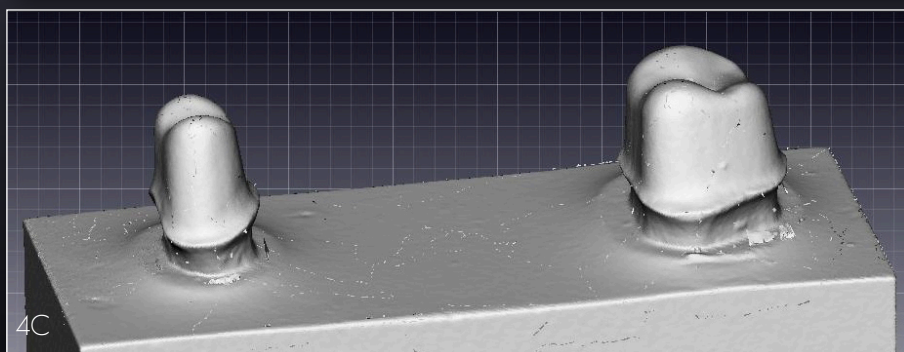
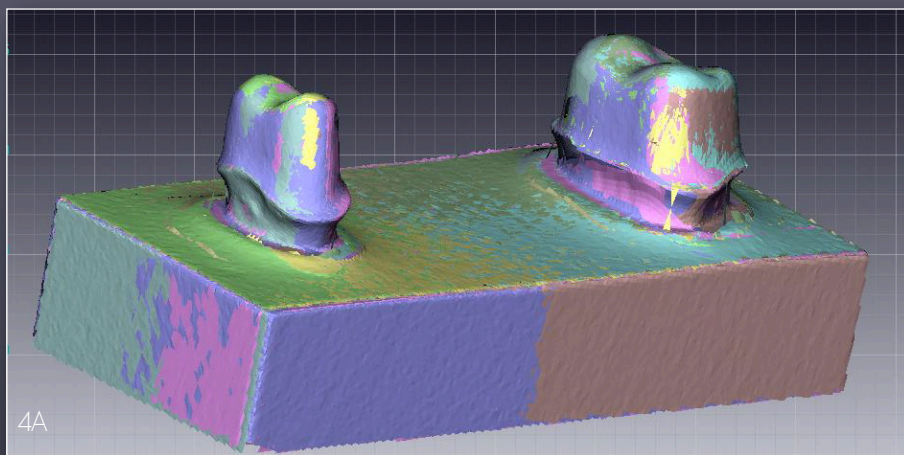
Quadro 1: Confeção do modelo-mestre. Figs. 1A a 1H: Início dos preparos dos dentes-pilares 14 e 17 para simular uma situação clínica para indicação de uma prótese fixa de quatro elementos.



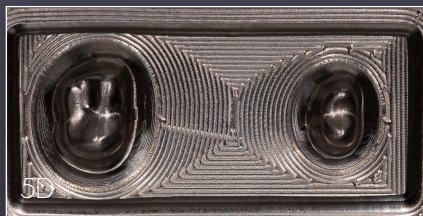
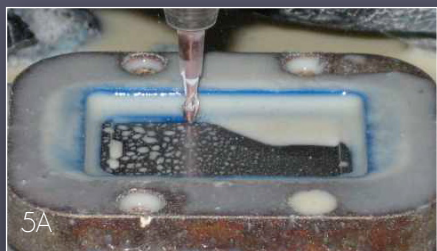
Quadro 2: Confeção do modelo-mestre. Preparo dos dentes-pilares. **Figs. 2A a 2C:** Acabamento e polimento do dente-pilar 17. **Figs. 2D a 2F** Observe as profundidades de redução axial e oclusal em 1.5mm e 2.0mm, respectivamente, verificadas com auxílio de guias de silicone e de sonda milimetrada. **Fig. 2G:** Preparos dos dentes-pilares finalizados. **Fig. 2H:** Altura da parede axial dos preparos definida em maior ou igual a 4mm.



Quadro 3: Confeção do modelo-mestre. Obtenção do modelo de gesso. **Figs. 3A e 3B:** Vista oclusal da barreira de cera e do preenchimento com cera dos encaixes dos dentes vizinhos e aplicação interna do material de moldagem. **Figs. 3C e 3D:** Molde realizado e vazamento do gesso neste. **Fig. 3E:** Modelo de gesso finalizado após desgastes seletivos. **Fig. 3F:** Modelo de gesso posicionado dentro do scanner KaVo Everest.



Quadro 4: Confeção do modelo-mestre. Figs. 4A e 4B: Screenshots da modelagem 3D do modelo de gesso pelo scanner KaVo Everest. Fig. 4C: Modelo de gesso referente ao modelo-mestre digitalizado e renderizado.



Quadro 5: Confeção do modelo-mestre. **Figs. 5A e 5B:** Usinagem do modelo-mestre em um bloco de titânio, a partir do modelo 3D gerado pelo scanner KaVo Everest. **Figs. 5C a 5E:** Diferentes vistas do modelo-mestre finalizado.

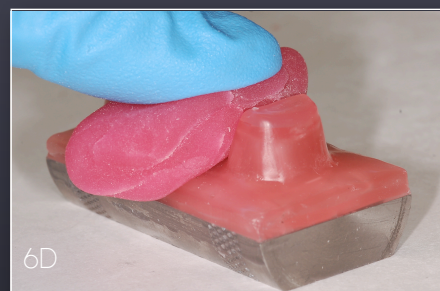
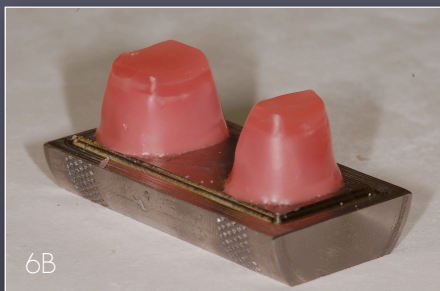
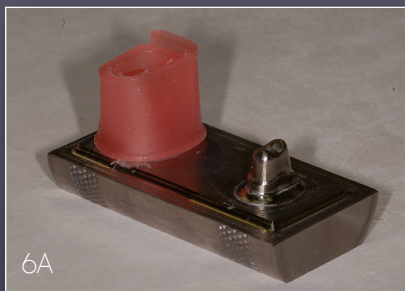
2.2. GRUPOS EXPERIMENTAIS

Dois grupos experimentais foram distribuídos de acordo com o tipo de moldagem realizada no modelo-mestre: grupo MD (moldagem digital) e grupo MC (moldagem convencional). Para o grupo MD, doze moldagens foram realizadas com o scanner intra-oral Lava C.O.S (3M ESPE, Seefeld, Alemanha) ao passo que, para o grupo MC, foram feitas doze moldagens com auxílio de moldeiras individuais e poliéter (Impregum, 3M ESPE, Seefeld, Alemanha).

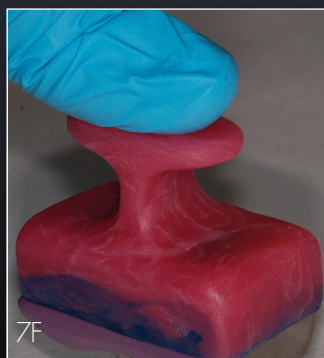
2.3. CONFECÇÃO DAS ESTRUTURAS DE ZIRCÔNIA PELO GRUPO MC

Doze moldagens do modelo-mestre foram feitas com poliéter (Impregum, 3M ESPE) com o auxílio de moldeiras individuais (Quadros 6 e 7). Em seguida, os moldes foram vazados com gesso pedra Classe IV (Fujirock, GC) e troquelizados (Quadros 8 e 9). O mesmo investigador realizou todas as moldagens, e todo o fluxo de trabalho foi realizado no mesmo laboratório.

Os modelos troquelizados foram escaneados por um sistema de escaneamento óptico Lava™ Scan ST (Fig. 1). O princípio de operação deste sistema baseia-se na aquisição óptica por projeção estriada combinada com métodos de triangulação.³³ As estruturas foram então desenhadas por meio de um software específico (Lava™ Design). As seguintes configurações das estruturas foram aplicadas: espaço interno de cimento de 30 μ m, iniciando 0.8 mm oclusal à margem e espessura do coping de 0.6mm (Quadros 10, 11 e 12).



Quadro 6: Confeção de doze moldeiras individuais para as moldagens do grupo MC. **Figs. 6A a 6C :** Aplicação de cera para construção de um alívio de 3mm de espessura. **Figs. 6D e 6E:** Aplicação de uma resina foto-polimerizável especial (Palatray, Heraeus Kulzer) até a cobertura total da superfície em cera. **Fig. 6F:** Construção de uma alça para viabilizar o manuseio da moldeira. Aspecto final de uma das doze moldeiras individuais.



Quadro 7: Grupo MC. Procedimentos de moldagem do modelo-mestre com poliéter (Impregum, 3M ESPE). **Figs. 7A a 7C :** Aplicação do adesivo dedicado nas superfícies internas e externas da moldeira individual. **Figs. 7D e 7E:** Aplicação do poliéter sobre os dentes-pilares do modelo-mestre. **Fig. 7F:** Posicionamento da moldeira após carregá-la com poliéter e realização da moldagem com pressão digital até a presa final do material. **Fig. 7G:** Aspecto final de um dos doze moldes de poliéter do grupo MC.



8A



8B



8C

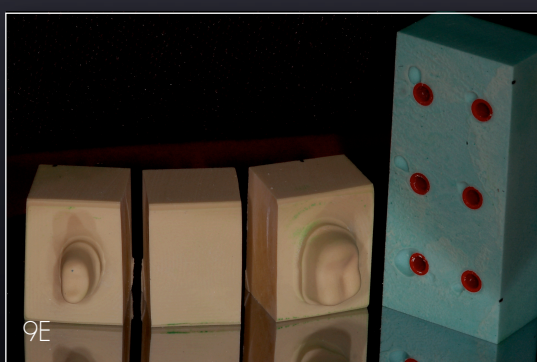
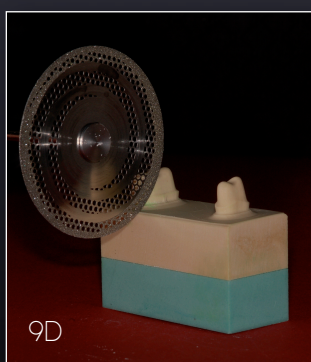
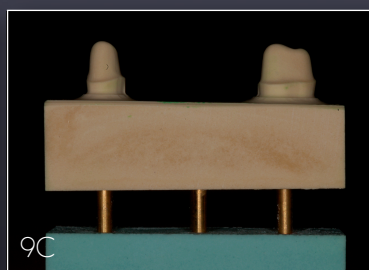


8D



8E

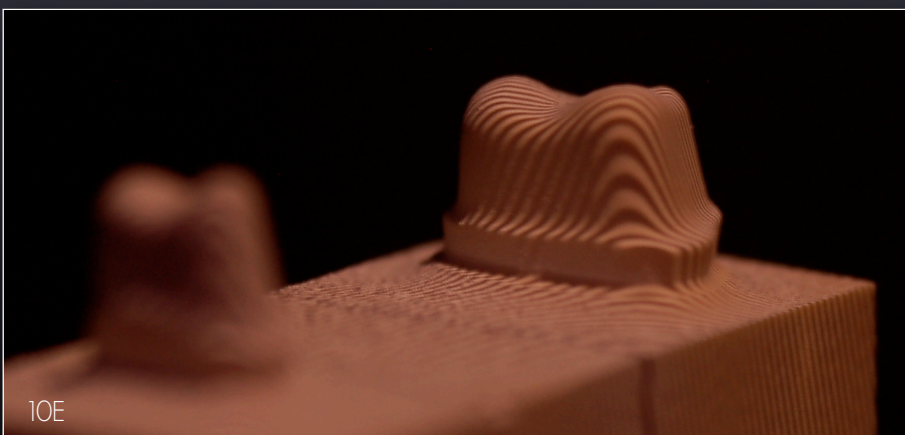
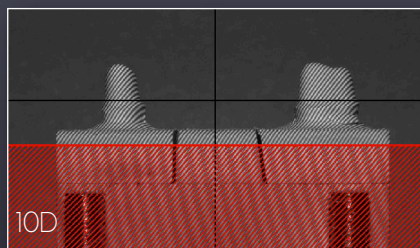
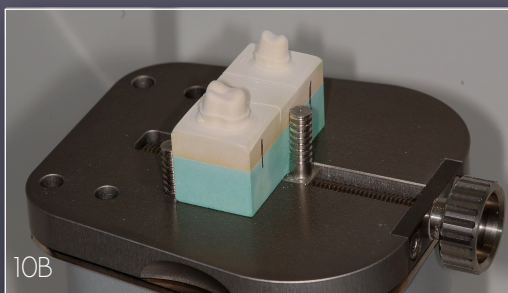
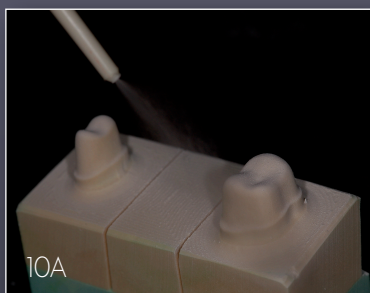
Quadro 8: Troquelização dos modelos de gesso do grupo MC. **Fig. 8A:** Doze modelos de gesso oriundos das moldagens convencionais. **Figs. 8B a 8D:** Confeccção de seis perfurações na base do modelo, inserção dos pinos metálicos e aplicação de buchas plásticas. **Fig. 8E:** Posicionamento do conjunto modelo/pino/bucha em uma bandeja para aplicação de gesso para base do troquel.



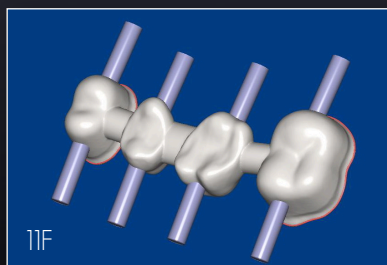
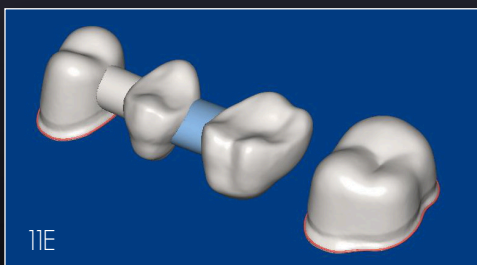
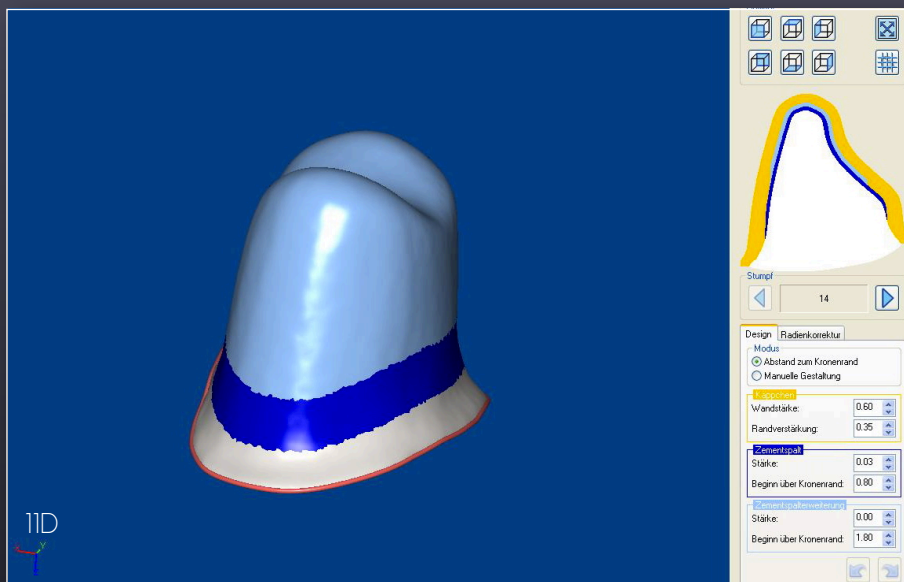
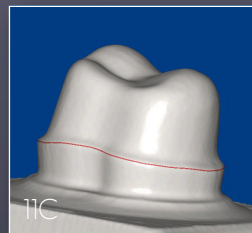
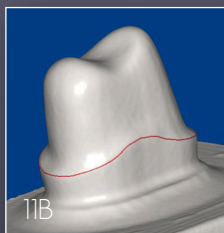
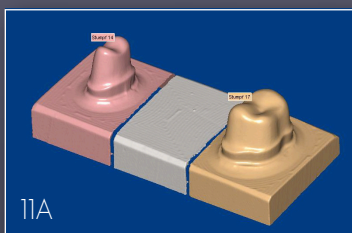
Quadro 9: Troquelização dos modelos de gesso do grupo MC. **Fig. 9A:** Aplicação de gesso para base do troquel. **Figs. 9B e 9C:** Diferentes vistas do troquel. **Fig. 9D:** Recorte do troquel com auxílio de um disco diamantado. **Fig. 9E:** Modelo de gesso troquelizado e recortado.



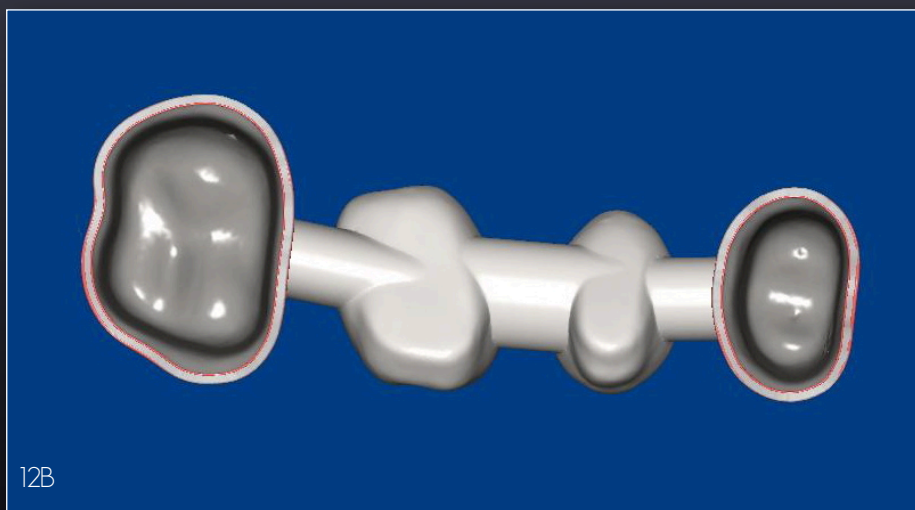
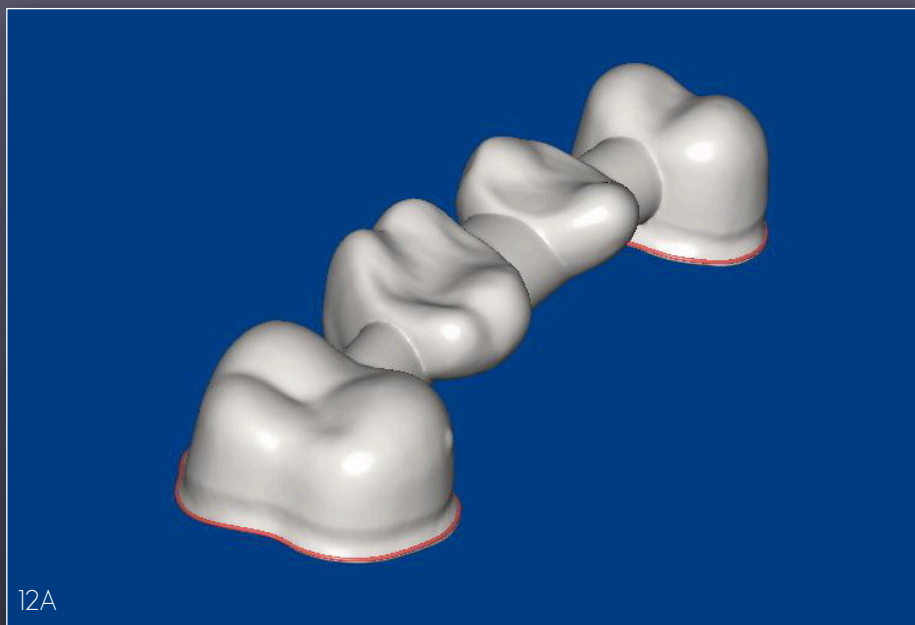
Fig. 1. Sistema de escaneamento óptico Lava™ Scan ST (3M ESPE).



Quadro 10: Procedimentos para o escaneamento dos modelos troquelizados pelo scanner Lava™ Scan St (3M ESPE). **Fig. 10A:** Aplicação de pó de dióxido de titânio sobre o modelo. **Fig. 10B:** Posicionamento do modelo dentro da câmara do scanner. **Figs 10C e 10D** Screenshots do momento de alinhamento da área de escaneamento. **Fig. 10E:** Escaneamento em progresso por meio de aquisição óptica por projeção estriada e de métodos de triangulação.



Quadro 11: Ambiente de trabalho do software Lava™ Design. Digitalização dos modelos troquelizados e desenho das estruturas de zircônia do grupo MC. **Fig. 11A a 11C:** Modelo troquelizado digitalizado. Em detalhe, os dentes-pilares com as margens dos preparos marcadas. **Fig 11C:** Configuração das estruturas definidas como espaço interno de cimento de 30 μ m, iniciando 0.8 mm oclusal à margem e espessura do coping de 0.6mm. **Figs. 11E e 11F:** Definição dos conectores e dos sprues das estruturas.



Quadro 12: Aspecto final do *design* de uma das estruturas de zircônia pertencentes ao grupo MC.
Figs. 12A e 12B: Diferentes vistas da estrutura virtual construída no laboratório por meio do software Lava™ Design.

2.4. CONFECÇÃO DAS ESTRUTURAS DE ZIRCÔNIA PELO GRUPO MD

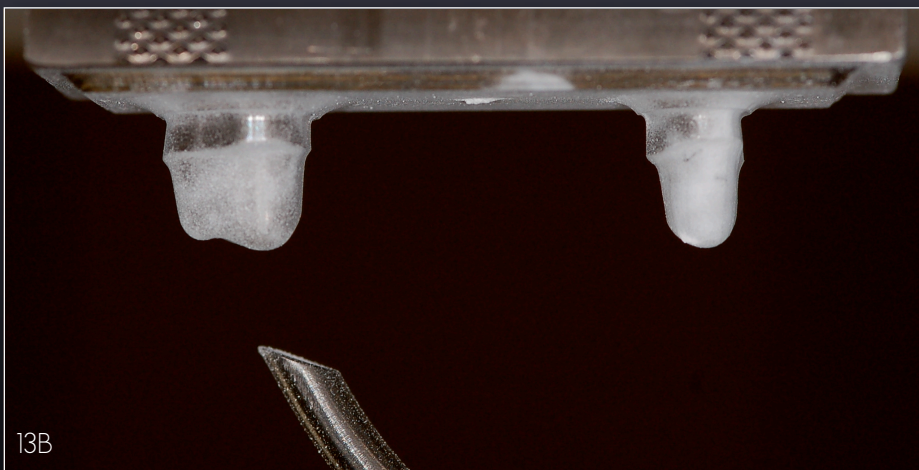
Para a realização das doze moldagens digitais com o sistema Lava™ C.O.S. (Fig. 2), o modelo-mestre foi estabilizado de modo que as faces oclusais dos dentes pilares estivessem voltadas para baixo, similarmente à respectiva posição intra-oral, para que o *scanner* pudesse realizar a moldagem. Sobre o modelo-mestre foi aplicado pó de dióxido de titânio para criação de um padrão estocástico na superfície, para viabilizar a moldagem digital (Quadros 13 e 14). Uma vez que os preparos dos dentes pilares foram escaneados e os dados salvos, foram realizadas moldagens complementares em um modelo de estudo mandibular (KaVo Biberach, Alemanha) no hemi-arco direito para que o software realizasse o registro de oclusão. O princípio de operação do sistema Lava™ C.O.S é descrito como “*Active Wavefront Sampling*” o qual faz uso da tecnologia “*3D-in-motion*” que permite a captura de dados 3D em seqüência de vídeo e a modelagem destes dados (Quadro 15 e 16).^{30,31}

Os doze conjuntos de dados das moldagens foram eletronicamente submetidos à 3M ESPE para renderização e foram, em seguida, enviados ao laboratório para troquelização virtual, utilizando o *software* Lava™ CaseManager e para a marcação das margens pelo técnico, por meio do *software* Lava™ Margin Marking. Depois que as margens de todos os dentes-pilares foram marcadas, os dados foram reenviados à 3M ESPE para escavação virtual e para alinhamento oclusal. As estruturas de zircônia foram desenhadas no *software* Lava™ Design e as mesmas configurações utilizadas nas estruturas do grupo MC foram aplicadas nas do grupo MD (Quadros 17 e 18).

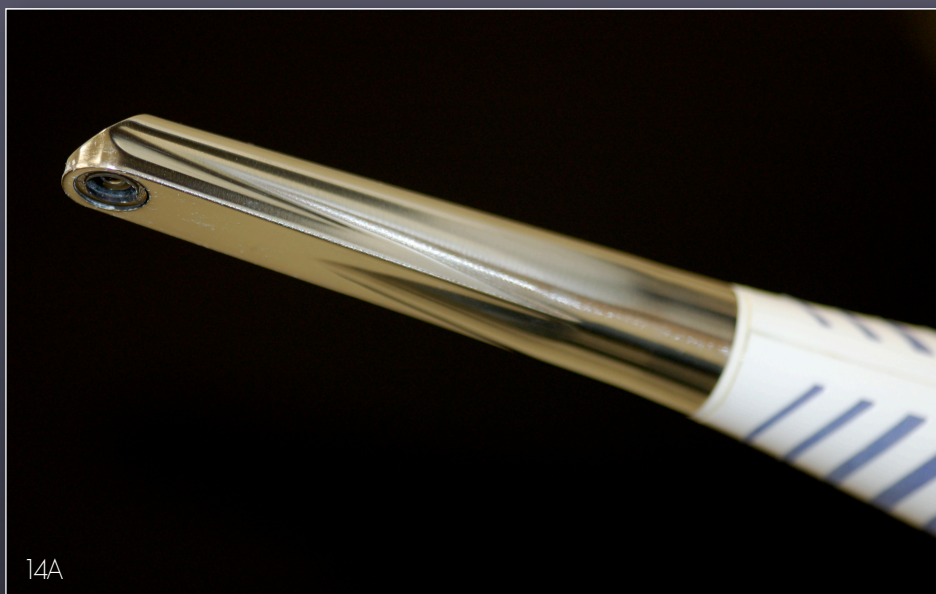
As estruturas de ambos os grupos foram usinadas a partir de blocos cerâmicos semissinterizados em uma máquina de usinagem de 5 eixos Lava™ CNC 500 (Fig. 3). Após usinagem, todas as estruturas foram sinterizadas para atingir densidade total em um forno especial de sinterização (Lava™ Furnace 200), sob uma temperatura de 1500°C. Assim que as estruturas de ambos os grupos foram entregues, estas foram examinadas em relação à presença de debris e deformidades (Quadro 19).



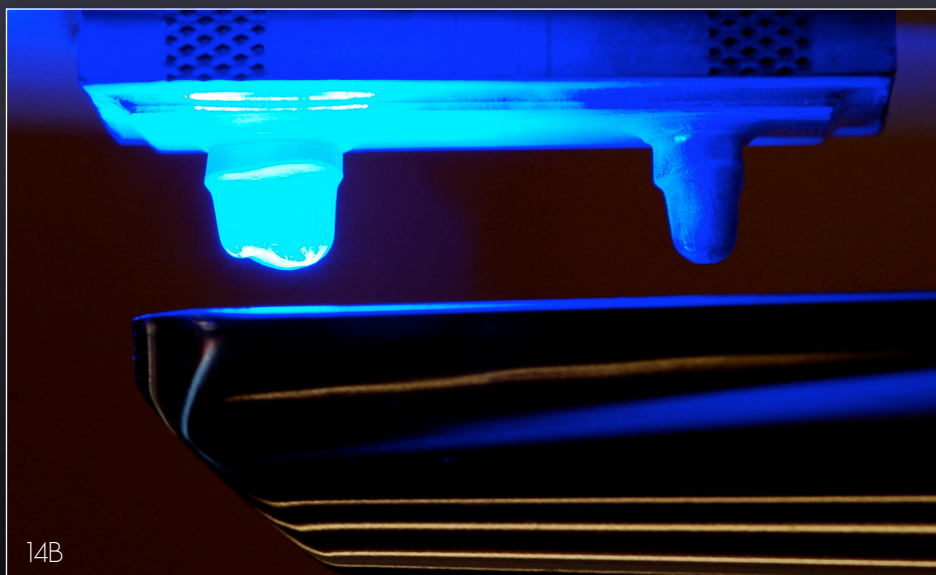
Fig. 2. Sistema de escaneamento intra-oral Lava™ C.O.S. (3M ESPE).



Quadro 13: Procedimentos para realização das doze moldagens digitais do modelo-mestre para o grupo MD utilizando o sistema de escaneamento intra-oral Lava™ C.O.S.. **Figs. 13A e 13B:** Posicionamento do modelo-mestre e aplicação do pó de dióxido de titânio.

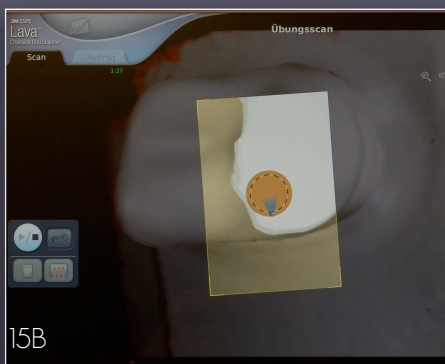


14A

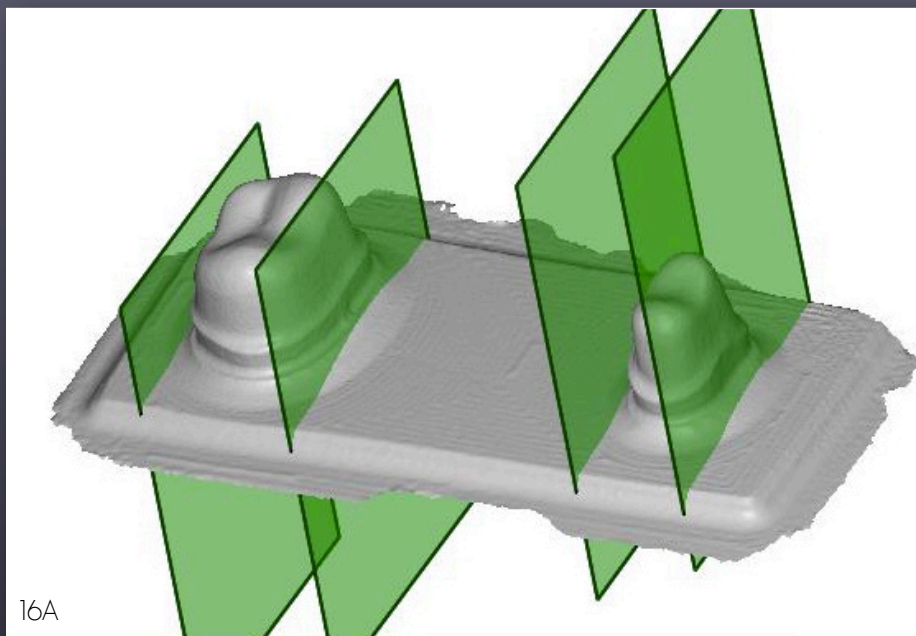


14B

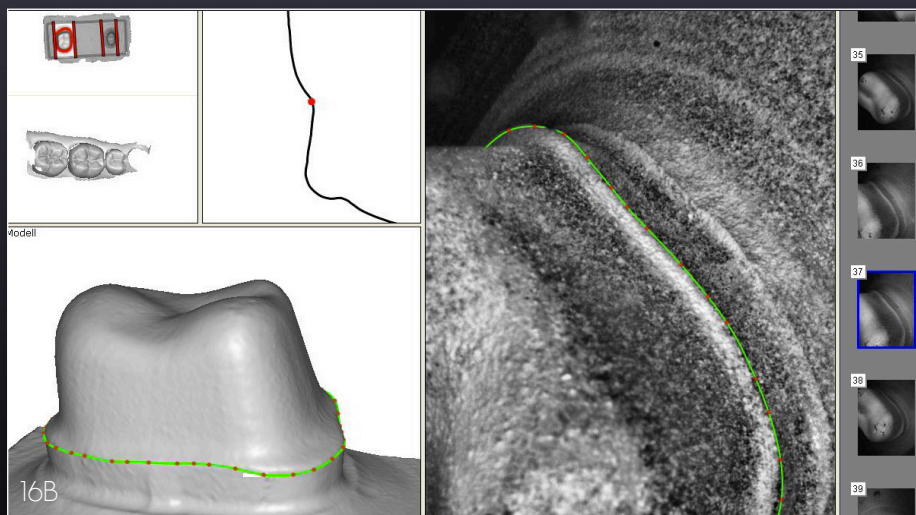
Quadro 14: Procedimentos para realização das doze moldagens digitais do modelo-mestre pelo sistema Lava™ C.O.S.. **Fig. 14A:** Em detalhe, a ponta escaneadora na qual encontra-se uma câmera baseada em uma tecnologia de captação de imagens 3D em movimento, denominada *Active Wavefront Sampling*. **Fig. 14B:** Moldagem digital em progresso. Neste momento a ponta escaneadora grava vídeos contínuos 3D para criar um modelo virtual do modelo-mestre em tempo real na tela do monitor do sistema lava™ C.O.S.



Quadro 15: Moldagem digital em progresso. **Figs. 15A e 15B:** Escaneamento do modelo-mestre em tempo real no monitor do Lava™ C.O.S. As áreas suficientemente escaneadas aparecem em branco no monitor, ao passo que áreas parcialmente escaneadas aparecem em rosa, e áreas em preto significam que nenhum dado foi registrado. **Figs. 15C e 15D:** Moldagem digital finalizada. O modelo virtual pode ser visualizado em diferentes ângulos pela interface *touch-screen*. **Figs. 15E e 15F:** Identificação dos dentes-pilares.

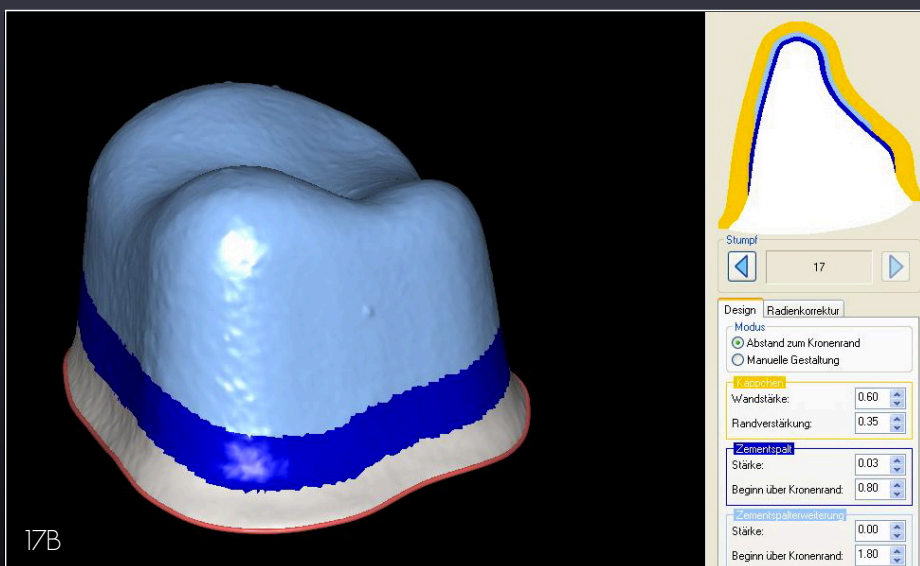
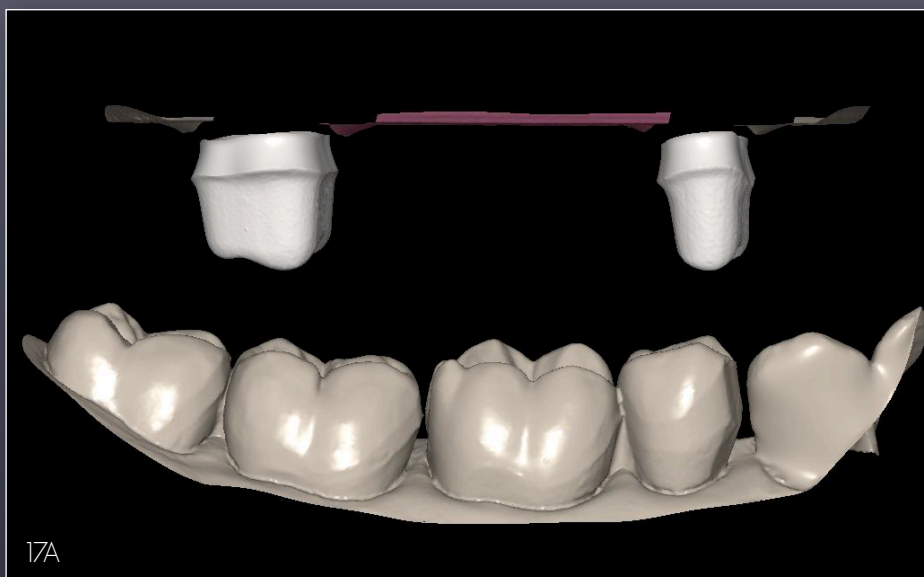


16A

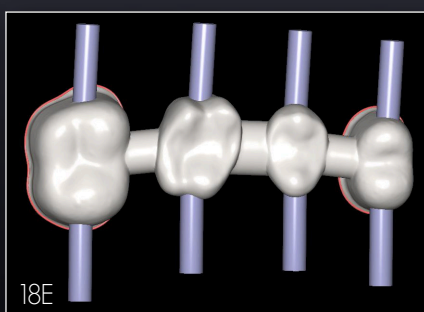
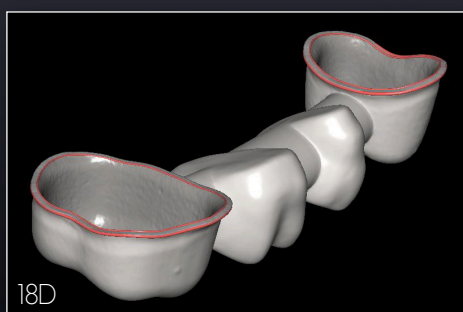
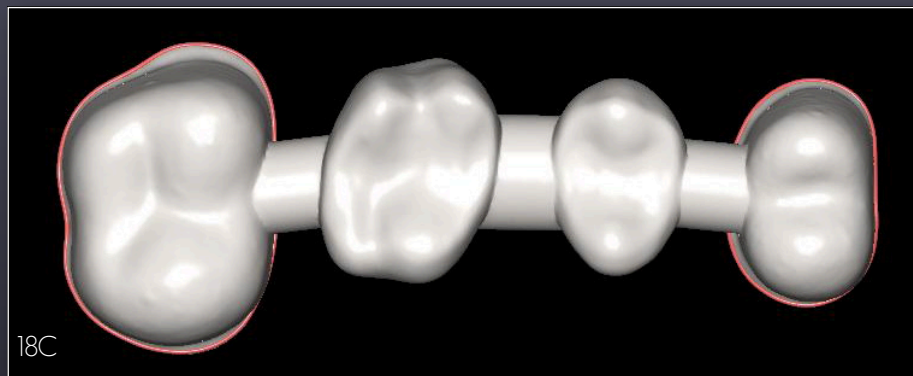
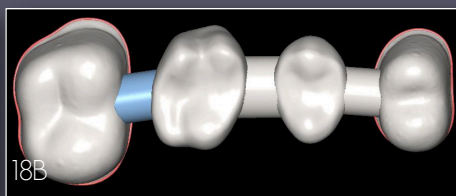
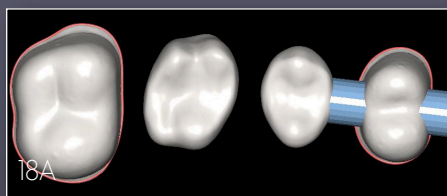


16B

Quadro 16: Troquelização virtual e marcação das margens realizadas no laboratório. **Fig. 16A:** Recorte virtual do modelo digital no ambiente de trabalho do software Lava™ CaseManager. **Fig. 16B:** Marcação das margens do preparo por meio do software Lava™ Margin Marking. Uma série de imagens magnificadas, selecionadas do modelo digital, são disponibilizadas. Há uma opção de visualização 3D das margens do preparo pelo técnico, o qual deve usar óculos especiais neste momento.



Quadro 17: Após o envio dos dados, contendo as margens marcadas, à 3M ESPE, os procedimentos de escavação virtual e de alinhamento oclusal foram realizados, e o conjunto de dados retornou ao laboratório para o design das estruturas do grupo MD. **Fig. 17A:** Alinhamento oclusal do modelo digital apresentando os dentes-pilares escavados, com os dentes antagonistas simulados. **Fig. 17B:** Configuração das estruturas definidas equivalente à configuração das estruturas do grupo MC, no software Lava™ Design.



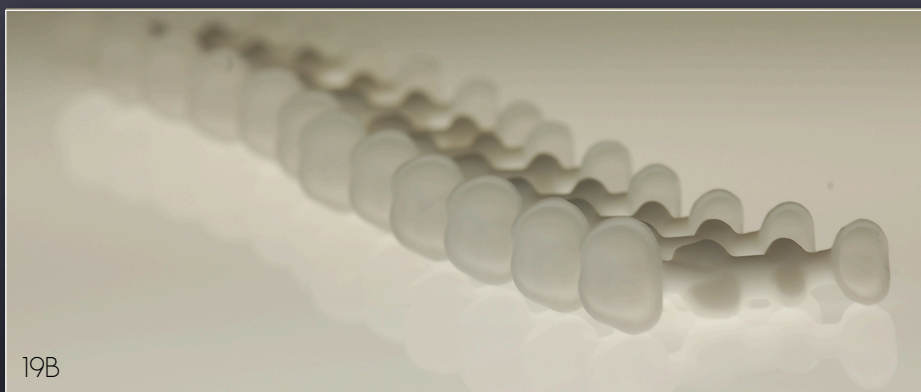
Quadro 18: Design das estruturas do grupo MD no software Lava™ Design. **Figs 18A e 18B:** Definição dos conectores das estruturas virtuais. **Figs. 18C e 18D:** Aspecto final do *design* de uma das estruturas de zircônia pertencente ao grupo MD. **Fig. 18E:** Definição da localização dos *sprues* das estruturas virtuais.



Fig. 3. Máquina de usinagem de 5 eixos Lava™ CNC 500 (3M ESPE).



19A



19B



19C



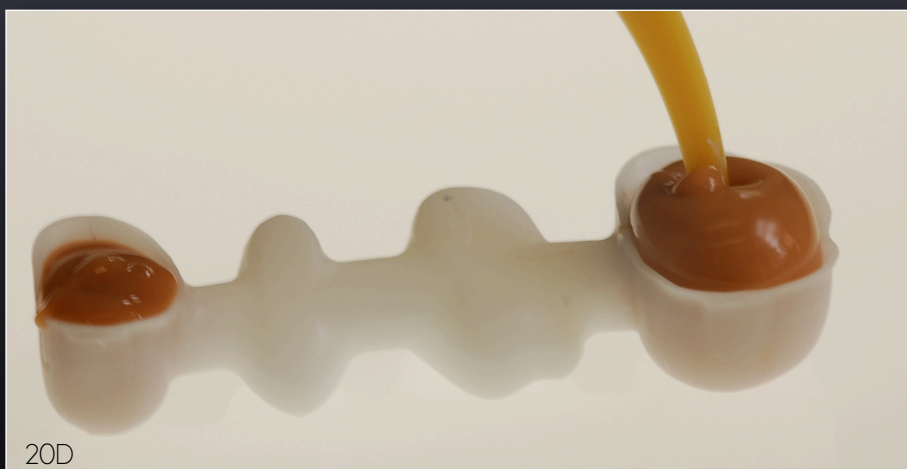
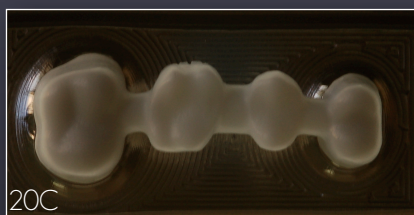
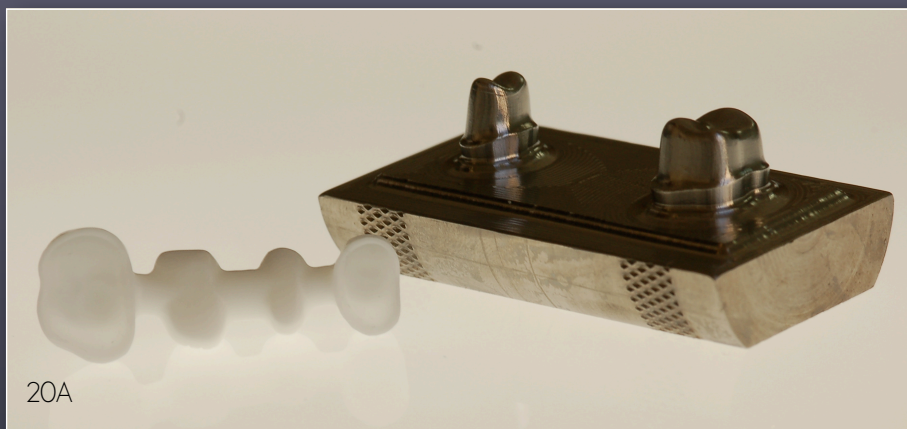
19D

Quadro 19: Estruturas de zircônia de quatro elementos utilizadas nesta pesquisa. **Fig. 19A:** Doze estruturas usinadas pertencentes ao grupo MC. **Fig. 19 B:** Doze estruturas usinadas pertencentes ao grupo MD. **Figs. 19C e 19D:** Em detalhe, aspecto final das estruturas usinadas sob diferentes vistas.

2.5 PRODUÇÃO DAS RÉPLICAS E AVALIAÇÃO MICROSCÓPICA

Para se obter as réplicas das adaptações marginais e internas dos retentores, foi realizada a técnica descrita por Boening *et al*³² e Molin & Karlson³⁴. Os retentores foram preenchidos com silicone de adição leve (Virtual, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e as estruturas foram assentadas no modelo-mestre com leve pressão digital. Após a presa do silicone leve, as estruturas foram removidas do modelo-mestre, de modo que o filme de silicone permanecesse sobre os preparos deste. Este filme de silicone, o qual representa o espaço existente entre o dente-pilar e os retentores das estruturas de zircônia, foi estabilizado com a aplicação da massa pesada do silicone de adição. Duas réplicas por estrutura de zircônia foram confeccionadas. A primeira réplica foi seccionada uma vez no centro do pré-molar, e novamente no centro do molar no sentido vestibulo-palatal, de modo que as adaptações marginais e internas vestibulo-palatais de ambos os dentes-pilares pudessem ser avaliadas (Quadros 20 a 23). No intuito de avaliar as adaptações marginais e internas no sentido mésio-distal, a segunda réplica foi seccionada uma vez no sentido mésio-distal, no centro de ambos os dentes-pilares. Desta maneira, por estrutura, foram obtidos quatro espécimes: 2 réplicas no sentido vestibulo-palatal e 2 réplicas no sentido mésio-distal (Quadro 24).

As estruturas de zircônia foram examinadas em um microscópio óptico (Axioscope 2, Zeiss, Oberkochen, Alemanha), sob uma magnificação de 50x e resolução de 0,45 μm (Fig. 4). Com o auxílio de uma máquina fotográfica (SI Pro, Fuji, Tokyo, Japão) acoplada ao microscópio, aproximadamente oito fotos digitais de cada espécimen foram tiradas e, subsequentemente, reunidas por meio de um *software* de tratamento de imagem (Adobe Photoshop CS), de maneira que uma única imagem inteira de cada espécime, contendo as adaptações marginais e internas, pudesse ser adquirida. Em seguida, as imagens dos espécimes foram exportadas para um programa de análise de dados de imagens digitais (Optimas 6.5, Media Cybernetics, Silver Spring, MD, EUA) (Quadro 25).



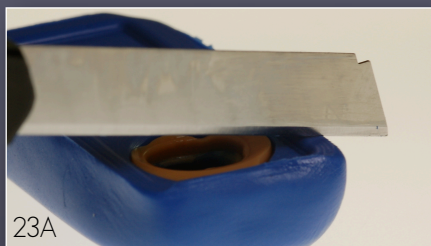
Quadro 20: Técnica da réplica. **Figs. 20A a 20C:** Diferentes vistas de uma das estruturas adaptadas no modelo-mestre, previamente à produção das réplicas das adaptações marginais e internas. **Fig. 20D:** Preenchimento dos retentores com silicone de adição leve.



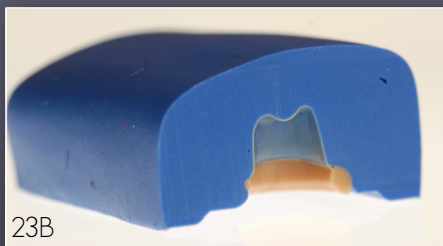
Quadro 21: Técnica da réplica. **Fig. 21A:** Assentamento no modelo-mestre de uma das estruturas, carregada com silicone de adição leve, por meio de leve pressão digital. **Fig. 21B:** Momento da remoção da estrutura de zircônia do modelo-mestre, após a presa do silicone de adição leve. Note que os espaços marginal e interno de cimentação são representados pelo filme de silicone leve resultante sobre o dente-pilar.



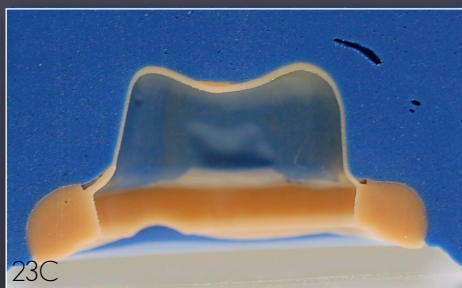
Quadro 22: Técnica da réplica. **Fig. 22A:** Aspecto final dos filmes de silicone resultantes sobre os dentes-pilares do modelo-mestre. **Fig. 22B:** Estabilização dos filmes de silicone por meio da aplicação de silicone de adição pesada sobre o modelo-mestre. **Fig. 22C:** Vista interna dos filmes de silicone leve dos dentes-pilares estabilizados com massa pesada de silicone de adição.



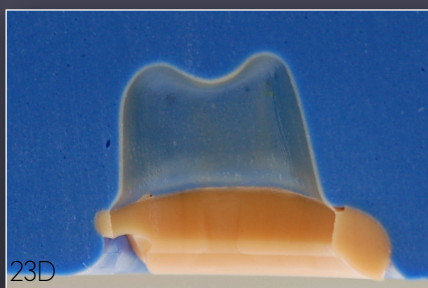
23A



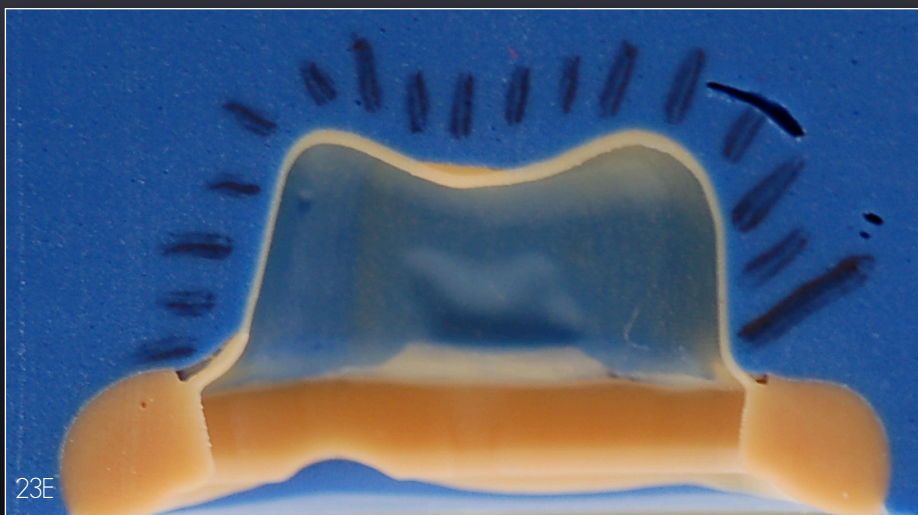
23B



23C



23D

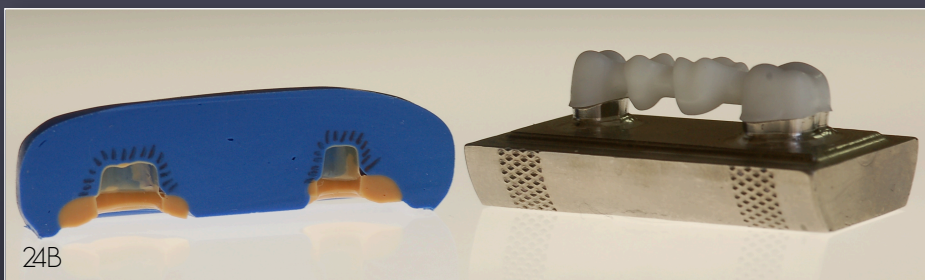


23E

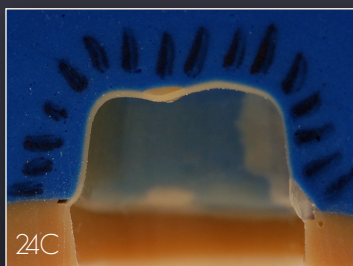
Quadro 23: Técnica da réplica. Confeção de duas réplicas por dente-pilar. **Figs. 23A e 23B:** Secção vestibulo-palatal no centro dos dois dentes-pilares para confecção da primeira réplica. **Fig. 23C:** Réplica vestibulo-palatal do molar. **Fig. 23D:** Réplica vestibulo-palatal do pré-molar. **Fig. 23E:** Marcação de pontos de referência, com caneta hidrocor, para avaliação microscópica ao longo do espaço de cimentação vestibulo-palatal.



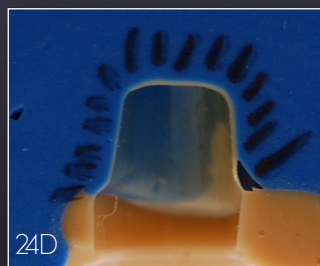
24A



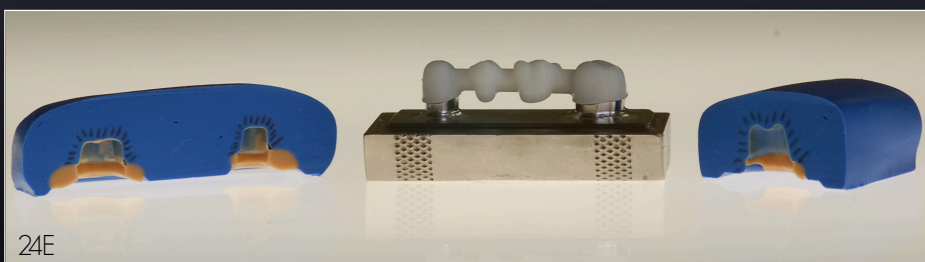
24B



24C



24D



24E

Quadro 24: Técnica da réplica. Confeção de duas réplicas por dente-pilar. **Fig. 24A:** Secção méso-distal no centro dos dois dentes-pilares para confecção da segunda réplica. **Fig. 24B:** Réplica méso-distal dos dentes-pilares molar e pré-molar. **Figs. 24C e 24D:** Em detalhe, réplicas méso-distal do molar e pré-molar, respectivamente, com a marcação dos pontos de referência. **Fig. 24E:** Por estrutura, foram obtidos quatro espécimes: 2 réplicas no sentido vestibulo-palatal e 2 réplicas no sentido méso-distal.

2.6. AVALIAÇÃO DAS ADAPTAÇÕES MARGINAIS E INTERNAS

As mensurações das adaptações marginais e internas dos espécimes foram realizadas a partir do cálculo da espessura do filme de silicone de adição leve, as quais foram conduzidas da seguinte maneira: dentro do ambiente do software Optimas 6.5, uma série de pontos foi posicionada na junção entre o silicone leve e o pesado (lado externo do espaço de cimentação). Em seguida, outra série de pontos foi inserida na junção entre o silicone leve e a superfície do dente-pilar (lado interno do espaço de cimentação). O *software*, então, conectou os pontos dos lados interno e externo do espaço de cimentação, ao traçar perpendiculares entre eles. O comprimento de cada perpendicular representou a adaptação marginal e interna em micrômetros. Aproximadamente 6.000 perpendiculares por espécime foram mensuradas (Quadro 25).

Para cada estrutura, foram usados os seguintes locais de mensuração para determinar a precisão de adaptação: abertura marginal (AM), chanfro (CH), parede axial (PA) e oclusal (OC). A abertura marginal foi determinada pela espessura do filme de silicone encontrado nas margens. Esta foi registrada na menor distância do retentor, até a superfície mais próxima do dente-pilar, como descrito por Holmes *et al*³⁵ (Quadro 26).

Todos os valores dos locais de mensuração, AM, CH, PA e OC, foram importados da base de dados e, a partir destes valores, foram feitas médias para cada estrutura. Nesse sentido, a avaliação da adaptação geral das estruturas foi realizada, considerando as médias de todos os locais de mensuração, por grupo. A adaptação marginal foi avaliada como o conjunto das médias de AM de cada face dos dentes-pilares: médias das AMs nas faces mesiais, distais, vestibulares e palatais de cada estrutura, por grupo. A adaptação interna foi determinada como o conjunto das médias de CH, PA e OC de cada face dos dentes-pilares: médias de CH, PA e OC das faces mesiais, distais, vestibulares e palatais de cada estrutura, por grupo. Em seguida, cada face de ambos os dentes-pilares (pré-molar e molar) por grupo foi comparada, entre si, considerando as adaptações marginal e interna.

Os dados foram exportados para o *software* de análise estatística (SPSS 15.0, SPSS Munique, Alemanha). As médias foram analisadas por meio do teste Mann-Whitney-U, o qual foi utilizado para detectar diferenças estatísticas entre os dois tipos de moldagens, por meio dos grupos investigados. O nível de significância (*P*) foi estabelecido a 5%.

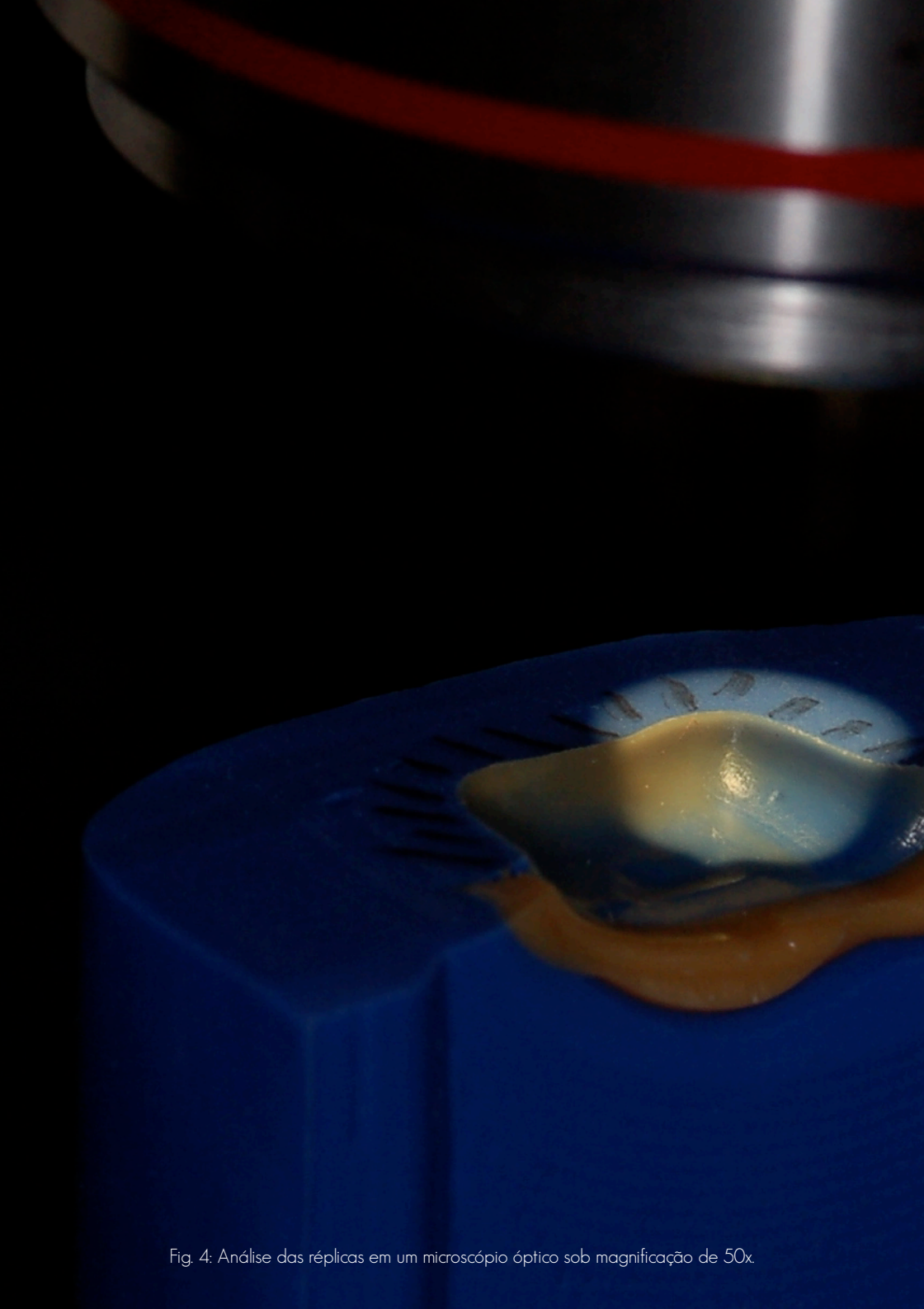
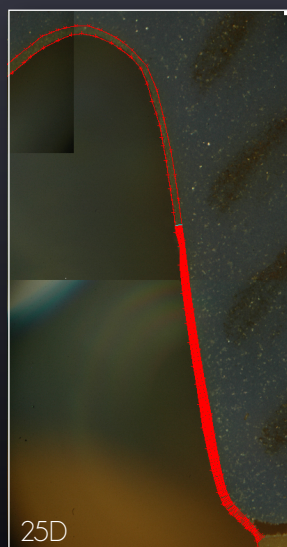
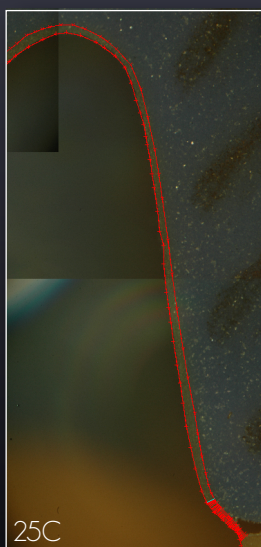
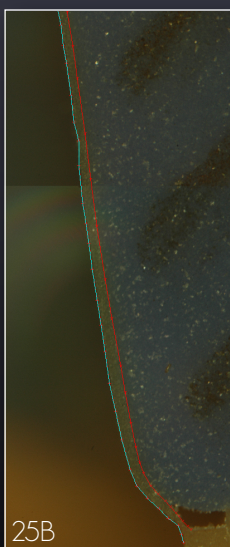
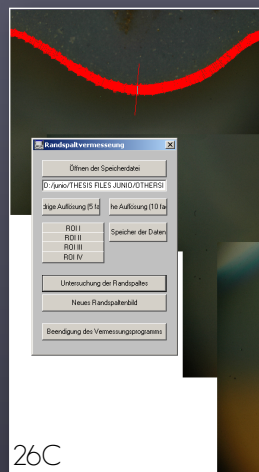
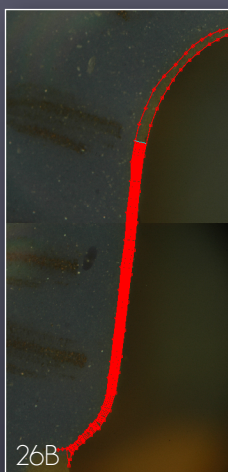
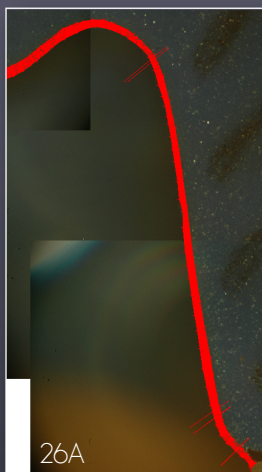


Fig. 4: Análise das réplicas em um microscópio óptico sob magnificação de 50x.



Quadro 25: Avaliação das adaptações marginal e interna dos espécimes no ambiente de trabalho do software Optmas 6.5 **Fig. 25A:** Réplica véstibulo-palatal de um dente-pilar pré-molar. Cerca de oito fotos microscópicas foram tiradas, unidas e exportadas para software Optmas 6.5 **Fig. 25B:** Em detalhe, a série de pontos inseridos nos lados interno e externo do espaço de cimentação **Figs. 25C e 25D:** Traçamento de perpendiculares entre ambas as séries de pontos, ao longo do espaço de cimentação, em progresso.



Quadro 26: Avaliação das adaptações marginal e interna dos espécimes no ambiente de trabalho do software Optimas 6.5. **Fig. 26A:** Traçamento de perpendiculares entre ambas as séries de pontos, ao longo do espaço de cimentação, em progresso. Em vermelho, mensuração da face vestibular concluída. **Figs. 26B e 26C:** Mensurações das faces oclusal e palatal em progresso. **Fig. 26D:** Em vermelho, mensuração total do espaço de cimentação concluída e determinação dos locais de mensuração AM, CH, PA e OC.



Ponte Hercílio Luz, Florianópolis

3. RESULTADOS

Os resultados de precisão das adaptações marginal, interna e geral estão demonstrados na tabela 1 e gráfico 1. Para se determinar a precisão de adaptação geral, 384 dados, por grupo, foram mensurados: 12 estruturas x 4 espécimes x 4 locais de mensuração. Neste quesito, o grupo MD (59,8 μm) mostrou um valor médio significativamente inferior ao grupo MC (67,7 μm), $P=0,01$. Os valores médios de adaptação marginal foram calculados pelas médias AM dos 96 espécimes por grupo. Os grupos MD e MC apresentaram adaptação marginal de 63,9 μm e 65,3 μm , respectivamente, os quais não demonstraram diferença estatisticamente significativa. A adaptação interna foi avaliada em 288 dados: 12 estruturas x 4 espécimes x 3 locais de mensuração e os valores de AM foram descartados. Os grupos MD e MC mostraram valores médios de adaptação interna de 58,4 μm e 65,9 μm , respectivamente, os quais foram, estatisticamente, diferentes, $P=0,007$.

ADAPTAÇÃO MARGINAL	Média	Máxima	Mínima	N	D.P
Moldagem Digital	63,96 ^a	207,95	20,98	96	36,75
Moldagem Convencional	65,33 ^a	234,23	20,03	96	37,27
Nível de Significância (P)	0,67				
ADAPTAÇÃO INTERNA	Média	Máxima	Mínima	N	D.P
Moldagem Digital	58,46 ^a	194,42	14,42	288	35,91
Moldagem Convencional	65,94 ^b	305,81	15,76	288	41,9
Nível de Significância (P)	0,007				
ADAPTAÇÃO GERAL	Média	Máxima	Mínima	N	D.P
Moldagem Digital	59,84 ^a	207,95	14,42	384	36,15
Moldagem Convencional	67,79 ^b	305,81	15,76	384	40,75
Nível de Significância (P)	0,01				

Tabela 1. Valores médios de precisão das adaptações marginal, interna e geral de estruturas de zircônia produzidas por meio de moldagens digital e convencional. As letras a e b superescritas definem os valores estatisticamente diferentes. Desvio Padrão (D.P).

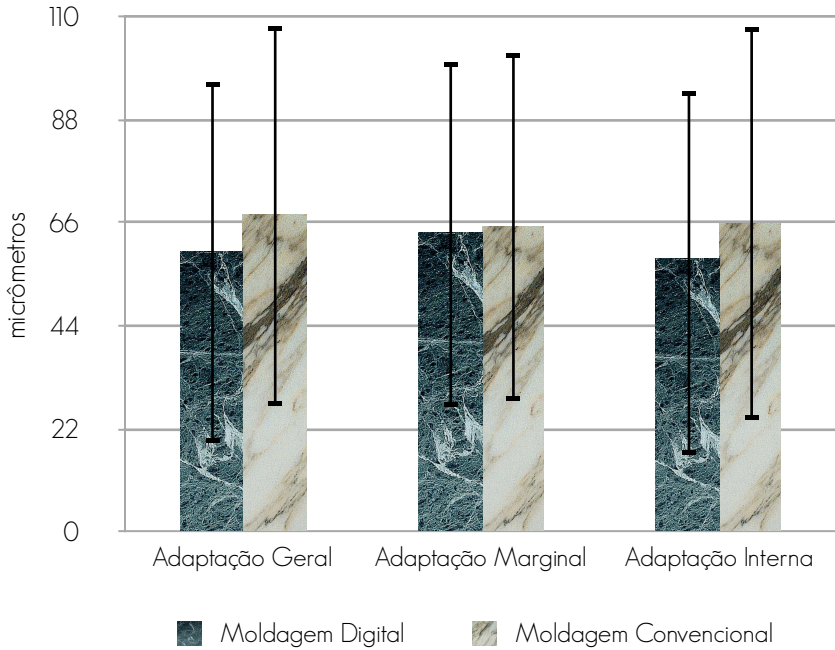


Gráfico 1. Valores médios de precisão das adaptações marginal, interna e geral de estruturas de zircônia produzidas por meio de moldagens digital e convencional.

As tabelas e gráficos 2 e 3 mostram comparações face-a-face que foram conduzidas de acordo com os valores médios das adaptações marginal e interna dos grupos MD e MC. Os valores médios de adaptação marginal foram estatisticamente diferentes na face mesial do pré-molar (MD: 39,1 μm e MC: 57,1 μm) $P=0,02$; na face mesial do molar (MD: 101,7 μm e MC: 51,6 μm) $P=0,01$, e na face distal do molar (MD: 71,2 μm e MC: 98,1 μm) $P=0,033$.

Para a adaptação interna, os valores médios estatisticamente diferentes foram encontrados na face mesial do pré-molar (MD: 56,2 μm e MC: 71,8 μm) $P=0,013$; na face mesial do molar (MD: 86,2 μm e MC: 61,4 μm) $P=0,001$; na face palatal do molar (MD: 57,7 μm e MC: 71,0 μm) $P=0,034$, e na face distal do molar (MD: 67,6 μm e MC: 91,9 μm) $P=0,001$.

ADAPTAÇÃO MARGINAL	N	PM-m	PM-v	PM-p	PM-d	M-m	M-v	M-p	M-d
Moldagem Digital	12	39,18	39,27	42,51	73,84	101,73	71,46	72,4	71,26
Desvio Padrão		27,46	15,4	19,17	36,06	37,16	38,95	40,51	27,74
Moldagem Convencional	12	57,14	54,03	44,14	67,65	51,64	76,75	73,12	98,17
Desvio Padrão		19,84	23,71	39,47	56,64	20,84	40,03	34,07	27,92
Nível de Significância (P)		0,002*	0,143	0,514	0,291	0,001*	0,755	0,932	0,033*

Tabela 2. Valores médios de precisão de adaptação marginal e de desvio padrão em μm : Comparação face-a-face das estruturas de zircônia produzidas por meio de moldagens digital e convencional. PM (Pré-molar), M (Molar), m (Mesial), v (Vestibular), p (Palatal) e d (Distal). * Valores estatisticamente diferentes.

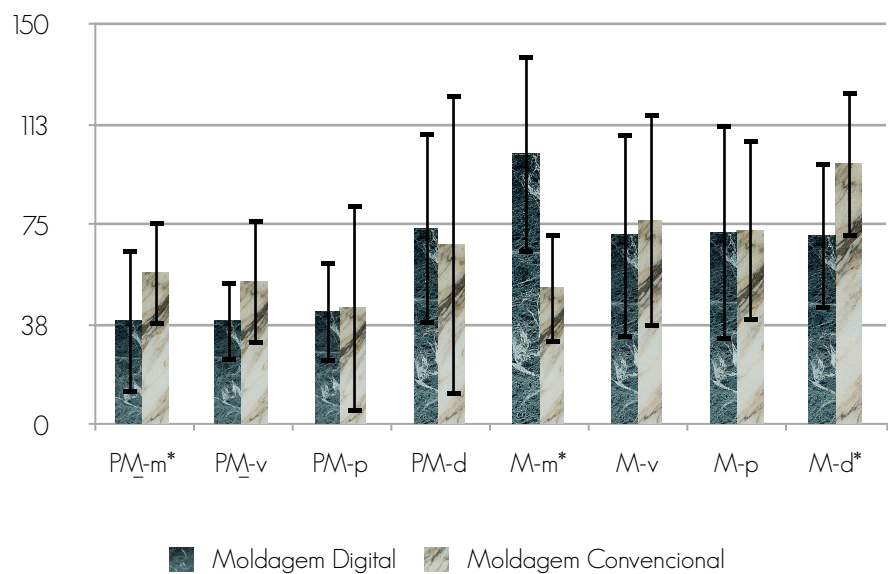


Gráfico 2. Valores médios de precisão de adaptação marginal em μm : Comparação face-a-face dos estruturas de zircônia produzidas por meio de moldagens digital e convencional. PM (Pré-molar), M (Molar), m (Mesial), v (Vestibular), p (Palatal) e d (Distal). * Valores estatisticamente diferentes.

ADAPTAÇÃO INTERNA	N	PM-m	PM-v	PM-p	PM-d	M-m	M-v	M-p	M-d
Moldagem Digital	12	56,22	40,33	40,28	64,05	86,28	55,13	57,75	67,69
Desvio Padrão		32,38	17,02	19,14	28,94	40,75	33,73	35,46	48,62
Moldagem Convencional	12	71,85	49,37	50,52	60,49	61,42	70,95	71,01	91,92
Desvio Padrão		29,39	21,33	35,92	51,15	51,92	47,49	37,99	37,62
Nível de Significância (P)		0,013*	0,73	0,12	0,081	0,001*	0,11	0,034*	0,001*

Tabela 3. Valores médios de precisão de adaptação interna e de desvio padrão em μm : Comparação face-a-face das estruturas de zircônia produzidas por meio de moldagens digital e convencional. PM (Pré-molar), M (Molar), m (Mesial), v (Vestibular), p (Palatal) e d (Distal). * Valores estatisticamente diferentes.

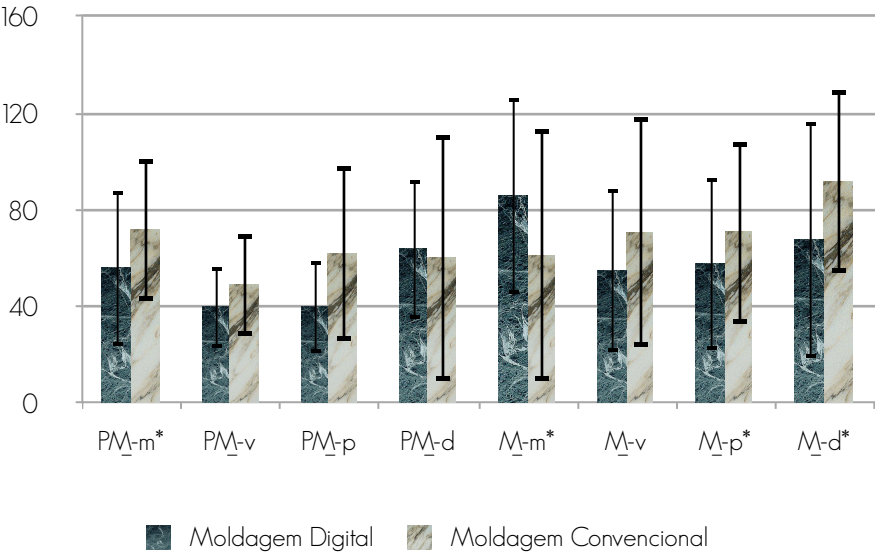


Gráfico 3. Valores médios de precisão de adaptação interna em μm : Comparação face-a-face das estruturas de zircônia produzidas por meio de moldagens digital e convencional. PM (Pré-molar), M (Molar), m (Mesial), v (Vestibular), p (Palatal) e d (Distal). * Valores estatisticamente diferentes.



Estátua da Bavaria, Theresienwiese, Munique

4. DISCUSSÃO

De acordo com esta pesquisa, as técnicas de moldagem convencional com o elastômero ImpregumTM e de moldagem digital com o sistema LavaTM C.O.S., produziram valores de adaptação marginal clinicamente aceitáveis em próteses de zircônia de quatro elementos, confirmando a primeira hipótese testada. No entanto, a segunda hipótese testada foi parcialmente rejeitada, pois, não obstante os menores valores médios de adaptação marginal gerados pela moldagem digital, estes não foram estatisticamente diferentes dos valores médios gerados pela moldagem convencional. Por outro lado, os valores médios das adaptações interna e geral produzidos pela moldagem digital, foram estatisticamente inferiores aos valores médios gerados pela moldagem convencional. Isto pode ser explicado pela demanda de confecção de um modelo de gesso no fluxo de trabalho convencional, ao passo que, no fluxo de trabalho totalmente digital, as estruturas de zircônia são construídas a partir de dados gerados pela captura direta da situação intra-oral. O fluxo de trabalho totalmente digital elimina a necessidade de produção de modelos físicos de gesso oriundos de moldes convencionais. Nesse sentido, a eliminação da moldagem convencional e suas inerentes desvantagens, como distorções, sejam por expansão ou por contração, resulta em uma melhor precisão da técnica de moldagem.³¹ Adicionalmente, o fato de a moldagem digital ter gerado valores de adaptações interna e geral, bem como os desvios-padrão inferiores aos valores obtidos pela moldagem convencional, indica que a utilização do sistema LavaTM C.O.S. pode atingir um maior nível de reprodutibilidade das moldagens.

A análise dos dados mostrou que as estruturas feitas pela moldagem digital não puderam ser totalmente assentadas no sentido ocluso-gengival, pois a adaptação marginal resultante das estruturas feitas por moldagem digital demonstrou maiores valores médios em relação aos seus próprios valores médios de adaptação interna, ou seja, as próteses se apresentaram menos adaptadas na margem do que internamente. Embora ambos os grupos investigados tenham apresentado valores de adaptação marginal desejáveis do ponto de vista clínico, os autores acreditam que a produção das estruturas do grupo MD não atingiu todo o seu potencial. As razões responsáveis por este problema são discutíveis. Talvez uma mudança na configuração do espaço interno de cimentação, durante o *design* das estruturas no software LavaTM Design, poderia prover maior espaço interno para uma melhor

acomodação das estruturas nos dentes-pilares. Outro possível motivo poderia estar relacionado com a atual necessidade de aplicação do pó de dióxido de titânio para a realização das moldagens com o sistema Lava™ C.O.S., pois as margens do preparo no dente-pilar são os locais mais susceptíveis ao acúmulo de pó, causando, assim, uma leitura errônea do posicionamento espacial da margem do preparo pela ponta escaneadora. No entanto, pesquisas futuras são necessárias para esclarecimento deste problema, haja vista a presença de um desequilíbrio nas dimensões do espaço interno de cimentação causar uma tensão interna, a qual pode comprometer a estabilidade mecânica de estruturas de zircônia e promover maiores riscos de fratura na cerâmica de cobertura.^{26,36,37}

Em uma revisão sistemática sobre adaptações marginal e interna de próteses fixas de zircônia, Abduo *et al*³⁸ concluíram que há uma variação significativa entre os valores obtidos em diferentes estudos e, tal variação existe até quando os mesmos sistemas são objetos de estudo, a qual pode ser explicada pelas diferentes metodologias aplicadas em cada pesquisa. Devido a esta variabilidade, a comparação entre os estudos deve ser conduzida seletivamente. A metodologia usada no presente trabalho está baseada na técnica da réplica, a qual é considerada um método confiável, não invasivo e não destrutivo para determinar a adaptação *in vitro* e *in vivo* de coroas/retentores às superfícies de dentes-pilares.^{31,32,34} Adicionalmente, as mensurações produzidas no presente estudo envolveram cerca de 3.000 valores (perpendiculares) por face do dente-pilar, gerando um conjunto de dados confiável para a aquisição de valores médios, para cada local de mensuração.¹⁵

Todavia, ao comparar esta pesquisa com outros estudos que utilizaram a técnica da réplica e o sistema Lava™ Scan de escaneamento óptico, é possível perceber resultados semelhantes de precisão de adaptação de estruturas de zircônia. Reich *et al*²⁶ encontraram valores de adaptação marginal de 65 µm. Contudo, diferentemente do nosso estudo, a investigação citada²⁶ foi conduzida *in vivo*, em próteses de três elementos com cerâmica de cobertura. Em outro estudo *in vivo* realizado por Reich *et al*,²⁷ próteses de quatro elementos com cerâmica de cobertura geraram valores médios de adaptação marginal de 91 µm. Embora estes valores médios sejam maiores do que os encontrados em nosso estudo, é importante ressaltar que mais variáveis estão presentes em um estudo *in vivo*; neste,²⁷ particularmente, as próteses foram ajustadas internamente, antes das mensurações.

Isto indica que há possibilidade de melhoramento da adaptações interna e marginal por meio de ajustes internos seletivos nas estruturas de zircônia.

Diferentemente de avaliações envolvendo precisão de adaptação de restaurações de zircônia produzidas por moldagem convencional, a literatura ainda é escassa sobre a precisão de adaptação de restaurações feitas por um fluxo de trabalho totalmente digital. Contudo, Syrek *et al*³¹ realizaram um estudo *in vivo*, no qual coroas unitárias de zircônia produzidas, tanto por moldagens digitais com o sistema Lava™ C.O.S., quanto por moldagens convencionais utilizando silicone de adição, foram avaliadas por meio da técnica da réplica. Os resultados deste estudo³¹ indicaram que coroas unitárias, feitas por meio de moldagem digital, apresentaram melhor adaptação marginal do que coroas confeccionadas a partir de moldes de silicone de adição. As coroas feitas por moldagem convencional demonstraram valores de adaptação marginal similares aos encontrados nas estruturas feitas por moldagem convencional em nosso estudo. Por outro lado, os nossos resultados apontam valores médios de adaptação marginal de 63 μm para estruturas feitas por moldagem digital, ao passo que Syrek *et al*³¹ encontraram valores de adaptação marginal de 49 μm . Esta diferença dos valores médios deve-se à tendência de as estruturas mais extensas apresentarem maiores valores de adaptação marginal, devida à maior distorção que estruturas de quatro elementos sofrem, em relação a coroas unitárias durante o processo de manufatura.³⁹

O processo de manufatura relacionado à usinagem das estruturas de zircônia pode ser realizado por via de duas estratégias de fabricação. Dependendo do sistema, tanto os blocos de zircônia densamente sinterizados, quanto os blocos semissinterizados podem ser usinados. Os blocos de zircônia densamente sinterizados são usinados no tamanho real das estruturas. No entanto, a alta dureza e friabilidade destes blocos trazem consigo algumas desvantagens, como períodos longos de usinagem e maior desgaste das peças da unidade fresadora; e ainda, ao utilizar tais blocos, a usinagem de partes finas de uma estrutura consiste num difícil processo.^{38,39} Os blocos semissinterizados, por outro lado, estão disponíveis sob um estado semiporoso, apresentando uma consistência de “giz”, sendo mais fáceis de serem usinados pela unidade fresadora, assim, causam menos fraturas coesivas nas estruturas de zircônia e menos desgaste nas peças de usinagem.³⁷

No entanto, após a usinagem dos blocos semissinterizados, as estruturas devem ser sinterizadas para atingir a densidade final e as máximas propriedades mecânicas da zircônia. Este processo de sinterização é caracterizado por uma alta

contração de sinterização de cerca de 20% a 30%, a qual deve ser compensada durante os procedimentos de usinagem. Esta contração de sinterização cria um desafio extra para o *software*, que deve, acuradamente, calcular uma estrutura de 20% a 30% maior do que o seu tamanho real, para a usinagem. Em seguida, esta estrutura contrair-se-á, precisamente, até atingir o tamanho desejado, durante o processo de sinterização.^{39,40} Apesar da tendência da usinagem de blocos totalmente sinterizados em promover uma melhor acurácia de dimensões, os *softwares* CAD têm demonstrado eficiência na compensação da contração de sinterização da zircônia.^{38,39,41}

Desta forma, tendo sido utilizados blocos semissinterizados de zircônia no presente estudo, a contração de sinterização pode ter influenciado nas adaptações marginais e internas das estruturas de zircônia. Nossos resultados mostram inaccurácias marginais e internas que podem estar ligadas ao comportamento anisotrópico inerente à contração de sinterização, o qual promove uma taxa de contração menor para o eixo vertical do que para o eixo horizontal das estruturas de zircônia³⁹. Esta contração anisotrópica causa estresses de inclinação e, como resultado, os eixos dos retentores inclinam-se, promovendo uma discrepância na adaptação marginal entre as faces dos retentores voltadas para o pântico e as faces não voltadas para o pântico das estruturas.³⁹ De fato, no presente estudo, a distribuição dos valores médios de adaptações marginal e interna, ao longo das estruturas, não foi homogênea entre os grupos investigados, como demonstrada nas tabelas e gráficos 2 e 3.

Nas comparações face-a-face, alguns valores médios de adaptações marginal e interna revelaram-se, estatisticamente, diferentes. As estruturas feitas por meio de moldagem digital parecem apresentar uma distorção horizontal convexa, ao passo que uma distorção horizontal côncava parece ter ocorrido nas estruturas oriundas da moldagem convencional. Como todas as estruturas de ambos os grupos foram fabricadas utilizando-se dos mesmos parâmetros nos procedimentos de *design*, usinagem e sinterização, as razões responsáveis pelas distintas distorções horizontais nos grupos testados podem estar relacionadas ao método de moldagem aplicado. Para esclarecer este tópico, são necessárias futuras investigações da análise dos dados gerados pelo escaneamento intra-oral e pelo escaneamento óptico do modelo de gesso.

A região de molar dos retentores das estruturas apresentou maiores valores médios de adaptações marginal e interna do que a região de pré-molar dos

retentores. O mesmo fato foi verificado por Reich *et al.*,²⁷ ao examinarem estruturas Lava™ de quatro elementos, por Boening *et al.*,³² ao avaliarem a adaptação marginal de coroas Procera™, e por Moldovan *et al.* ⁴² Isto pode ser atribuído ao maior volume do molar em relação ao pré-molar. Assim, as inacurácias menores do cálculo da contração de sinterização proporcional podem influenciar mais a geometria na região de molar das estruturas do que a geometria na região de pré-molar, causando uma seletiva menor taxa de contração de sinterização na região de molar das estruturas de zircônia.²⁷

Embora os dados desta pesquisa indiquem que haja um maior nível de reprodutibilidade da moldagem digital com o sistema Lava™ C.O.S. em relação à moldagem convencional com Impregum™, as limitações de um estudo *in vitro* devem ser consideradas. Nestas limitações inclui-se o fato de todas as estruturas terem sido fabricadas e testadas sob condições ideais, as quais podem não refletir a precisão de adaptação em testes *in vivo*. Desse modo, devem ser realizadas futuras pesquisas em pacientes. Adicionalmente, embora a técnica da réplica seja altamente confiável, ^{31,32,34} a precisão de adaptação foi realizada em duas fatias transversais (espécimes) por dente-pilar, as quais, obviamente, não representam a área total do espaço interno de cimentação.



TheatinerKirche, Odeonsplatz, Munique

5. CONCLUSÕES

1. Ambos os tipos de moldagem testados, digital e convencional, geraram valores de adaptação marginal clinicamente aceitáveis;
2. A moldagem digital demonstrou melhores adaptações interna e geral do que a moldagem convencional;
3. Cada face dos retentores das estruturas de zircônia de quatro elementos gerou um padrão de distribuição heterogêneo nos valores de adaptações marginal e interna.



Avenida Beira-Mar norte em 2006, Florianópolis

6. REFERÊNCIAS

1. CHRISTENSEN GJ. Will digital impressions eliminate the current problems with conventional impressions? J Am Dent Assoc, v. 139(6), p.761-763, 2008.
2. CANCY JM, SCANDRETT FR, ETTINGER RL. Long-term dimensional stability of three current elastomers. J Oral Rehabil, v. 10(4), 325-333, 1983.
3. ENDO T, FINGER WJ. Dimensional accuracy of a new polyether impression material. Quintessence Int, v.37(1), p.47-51, 2006.
4. SHETTY P, RODRIGUES S. Accuracy of elastomeric impression materials on repeated pours. J Indian Prosthodont Soc, v.6(2), p. 68-71, 2006.
5. HONDRUM SO. Changes in properties of non-aqueous elastomeric impression materials after storage of components. J Prosthet Dent, v.85(1), p. 73-78, 2001.
6. THONGTHAMMACHAT S, MOORE BK, BARCO MT 2nd, HOVIJITRA S, BROWN DT, ANDRES CJ. Dimensional accuracy of dental casts: influence of tray material, impression material, and time. J Prosthodont, v.1(2), p.98-108, 2002.
7. State of the industry 2000. Lab Management Today, p.9-15, 2000.
8. CHRISTENSEN GJ. The state of fixed prosthodontic impressions. Room for improvement. J Am Dent Assoc, v. 136, p.343-346, 2005.
9. CHRISTENSEN GJ. Laboratories want better impressions. J Am Dent Assoc, v. 138(4), p.27-29, 2007.
10. CHRISTENSEN GJ. The challenge to conventional impressions. J Am Dent Assoc, v. 139(3), p.347-349, 2008.
11. TOUCHSTONE A, NIETING T, ULMER N. Digital transition: the collaboration between dentists and laboratory technicians on CAD/CAM restorations. J Am Dent Assoc, v. 141(6 suppl), p.15S-19S, 2010.
12. MIYAZAKI T, HOTTA Y, KUNII J, KURIYAMA S, TAMAKI Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. Dent Mater J, v.28(1), p.44-56, 2009.

13. BEUER F, SCHWEIGER J, EDELHOFF D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*, v.204(9), p. 505-511, 2008.
14. AL-BAKRI IA, HUSSEY D, AL-OMARI WM. The dimensional accuracy of four impression techniques with the use of addition silicone impression materials. *J Clin Dent*, v.18(2), p. 29-33, 2007.
15. BEUER F, NAUMANN M, GERNET W. Precision of fit: zirconia three-unit fixed dental prostheses. *Clin Oral Invest*, v.13: p.343-349, 2009.
16. JABLONSKI, *Illustrated Dictionary of Dentistry*. *J Dent*, v.21, p.265-273, 1982.
17. FRANSSON B, OILO G, GJEITANGER R. The fit of metal-ceramic crowns, a clinical study. *Dent Mater*, v.1, p.197-199, 1985.
18. KARLSSON S. The fit of Procera titanium crowns. An in vitro and clinical study. *Acta Odontol Scand*, v.51, p.129-134, 1993.
19. MCLEAN JW, VON FRAUNHOFER JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J*, v.131, p.107-111, 1971.
20. BELSER UC, MACENTEE MI, RICHTER WA. Fit of three porcelain-fused-to-metal marginal designs in vivo: a scanning electron microscope study. *J Prosthet Dent*, v. 53, p.24-29, 1985.
21. SULAIMAN F, CHAI J, JAMESON LM, WOZNIAK WT. A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress and Procera crowns. *Int J Prosthodont*, v.10, p. 478-484, 1997.
22. BESCHINIDT SM, STRUB JR. Evaluation of the marginal accuracy of different all-ceramic crown systems after simulation in the artificial mouth. *J Oral Rehab*, v.26, p. 582-593, 1999.
23. JANENKO C, SMALES RJ. Anterior crowns and gingival health. *Australi Dent J*, v. 24, p.225-230, 1979.
24. BADER JD, ROZIER RG, MCFALL Jr WT, RAMSEY DL. Effect of crowns margins on periodontal conditions in regularly attending patients. *J Prosthet Dent*, v.65, p. 75-79, 1991.

25. KOKUBO Y, OHKUBO C, TSUMITA M, MIYASHITA A, VULT VON STEYERN O, Fukushima S. Clinical marginal and internal gaps of Procera All-Ceram crowns. *J Oral Rehab*, v.32, p.526-530, 2005.
26. REICH S, WICHMANN M, NKENKE E, PROESCHEL P. Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *Eur J Oral Sci*, v.113, p.174-179, 2005.
27. REICH S, KAPPE K, TESCHNER H, SCHIMMITT J. Clinical fit of four-unit zirconia posterior fixed dental prostheses. *Eur J Oral Sci*, v.116, p. 579-584, 2008.
28. KOHORST P, BRINKMANN H, LI J, BORCHERS L, STIESCH M. Marginal accuracy of four-unit zirconia fixed dental prostheses fabricated using different computer-aided manufacturing systems. *Eur J Oral Sci*, v.117, p.319-325, 2009.
29. REKOW D, THOMPSON VP. Near-surface damage - a persistent problem in crowns obtained by computer-aided design and manufacturing. *Proc Inst Mech Eng*, v.219, p. 233-243, 2005
30. Lava Chairside Oral Scanner C.O.S. 3M ESPE Technical Datasheet, 2009.
31. SYREK A, REICH G, RANFTL D, KLEIN C, CERNY B, BRODESSER J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent*, v.38, p. 553-559, 2010.
32. BOENING KW, WOLF BH, SCHMIDT AE, KÄSTNER K, WALTER MH. Clinical fit of Procera all-ceram crowns. *J Prosthet Dent*, v.84, p.419-424, 2000.
33. QUAAS S, RUDOLPH H, LUTHARDT RG: Direct mechanical data acquisition of dental impressions for the manufacturing of CAD/CAM restorations. *J Dent*, v.35 (12), p. 903-908, 2007.
34. MOLIN M, KARLSSON S. The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems. A clinical and in vitro study. *Acta Odontol Scand*, v.51, p.201-206, 1993.
35. HOLMES JR, BAYNE SC, HOLLAND GA, SULIK WD. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent*, v.62, p.405-408, 1989.
36. TUNTIPRAWON M, WILSON PR. The effect of cement thickness on the fracture strength of all-ceramic crowns. *Aust Dent J*, v.40, p.17-21, 1995.

37. REKOW ED, HARSONO M, JANAL M, THOMPSON VP, ZHANG G. Factorial analysis of variables influencing stress in all-ceramic crowns. *Dent Mater*, v. 22, p. 125-132, 2006.
38. ABDUO J, LYONS K, SWAIN M. Fit of zirconia fixed partial denture: a systematic review. *J Oral Rehab*, v.47, p.866-876, 2010.
39. KUNII J, HOTTA Y, TAMAKI Y, OZAWA A, KOBAYASHI Y, FUJISHIMA A, MYASAKI T, FUJIWARA T. Effect of shrinkage on the marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated zirconia frameworks. *Dent Mater J*, v.26(6), p. 820-826, 2007.
40. SCOTTI R, CARDELLI P, BALDISSARA P, MONACO C. Clinical fitting of CAD/CAM zirconia single crowns generated from digital intraoral impressions based on active wavefront sampling. *J Dent*, in press, 2011.
41. SUTTOR D, BUNKE K, HOESCHELLER S, HAUPTMANN H, HERTLEIN G. LAVA - the system for all-ceramic ZrO_2 crown and bridge frameworks. *Int Comput Dent*, v.4, p. 195-206, 2001.
42. MOLDOVAN O, LUTHARDT RG, CORCODEL N, RUDOLPH H. Three-dimensional fit of CAD/CAM-made zirconia copings. *Dent Mater*, v.27(12), p. 1273-1278, 2011.

PREMOLAR																
MESIAL				BUCCAL				PALATAL				DISTAL				
SCAN 1	65.74	66.11	66.47	92.00	69.09	73.97	61.60	66.70	24.29	22.87	32.50	57.00	51.14	35.55	38.14	66.26
SCAN 2	47.28	37.26	40.58	76.94	31.67	41.81	25.87	53.40	22.95	20.31	31.77	50.69	27.01	31.94	25.04	62.95
SCAN 3	58.22	51.61	64.82	58.65	21.76	24.33	36.52	68.89	35.76	39.92	41.26	49.46	39.87	38.19	26.59	30.13
SCAN 4	39.40	48.25	72.21	66.62	43.46	37.06	32.66	45.46	31.39	37.04	29.99	53.59	29.96	35.84	27.76	52.59
SCAN 5	54.05	54.69	50.39	100.38	37.96	30.35	24.32	79.96	16.05	21.52	29.17	87.54	70.39	63.48	46.05	104.83
SCAN 6	69.61	86.51	60.56	148.43	90.75	50.48	20.48	84.38	163.37	58.56	46.76	228.13	234.23	102.23	54.88	305.81
SCAN 7	65.98	70.95	72.50	130.43	64.81	52.10	35.99	80.70	30.45	40.00	38.43	59.00	55.72	34.06	17.57	90.35
SCAN 8	110.03	98.09	82.88	157.97	89.69	68.79	35.87	88.78	51.31	31.36	31.43	92.67	103.40	50.66	30.69	149.89
SCAN 9	42.49	47.67	47.91	82.24	76.26	44.89	32.77	71.93	43.38	34.67	32.74	60.97	56.07	46.19	37.41	78.89
SCAN 10	36.51	43.52	39.00	108.77	51.16	49.07	19.34	97.87	56.13	52.52	50.10	100.06	67.88	54.65	28.40	113.76
SCAN 11	46.84	44.11	62.55	46.84	27.27	33.82	29.56	34.32	34.57	43.37	48.53	46.44	30.37	35.52	30.73	56.72
SCAN 12	49.55	51.96	63.21	93.50	44.49	51.42	31.54	60.25	20.03	23.46	26.69	68.39	45.75	56.09	36.88	80.82
Mean	57.14	58.40	60.26	96.90	54.03	46.51	32.21	69.39	44.14	35.47	36.61	79.49	67.65	48.70	33.34	99.42
SD	19.84	18.52	13.37	34.64	23.71	14.63	10.97	18.60	39.47	12.34	8.15	50.13	56.65	19.78	10.05	72.28

MOLAR																
MESIAL				BUCCAL				PALATAL				DISTAL				
SCAN 1	54.84	37.24	30.78	123.86	106.85	91.61	54.76	120.47	52.51	46.67	63.57	96.33	84.60	74.41	66.86	129.76
SCAN 2	55.36	37.51	19.65	91.14	21.98	31.47	39.02	65.23	62.28	60.58	37.48	80.15	70.89	70.36	52.62	92.96
SCAN 3	36.23	26.24	43.04	122.28	81.28	44.83	36.83	117.99	86.67	55.78	37.41	117.82	105.86	70.69	58.09	139.76
SCAN 4	50.37	34.71	31.47	119.69	35.34	45.25	29.30	64.00	41.28	42.67	38.73	56.47	115.40	95.90	81.13	139.42
SCAN 5	61.71	36.39	26.31	114.46	37.34	33.96	38.70	94.85	119.55	78.79	66.40	130.48	83.14	78.11	66.11	117.92
SCAN 6	100.09	55.75	46.57	260.65	139.94	84.02	21.62	226.74	137.65	68.21	52.62	198.83	155.44	98.32	84.45	210.15
SCAN 7	31.12	22.97	20.41	88.99	87.83	78.87	37.79	119.49	36.51	30.14	26.42	82.71	108.78	93.68	74.59	126.13
SCAN 8	69.38	32.28	15.76	143.97	75.75	62.96	32.22	110.43	81.17	57.10	49.88	121.04	114.30	95.79	78.49	146.25
SCAN 9	37.13	47.60	38.09	59.70	62.31	55.08	22.23	97.40	59.94	61.15	56.65	78.06	56.46	46.66	45.50	49.86
SCAN 10	63.44	52.93	23.60	159.02	149.31	87.32	37.41	220.10	110.88	89.13	71.49	174.18	124.99	96.94	65.87	187.58
SCAN 11	25.19	22.74	21.93	66.67	47.66	50.63	39.45	87.49	50.29	49.59	37.76	83.10	68.54	69.92	53.61	80.50
SCAN 12	34.87	26.36	32.71	77.72	75.37	74.96	31.95	67.70	38.76	37.40	42.13	79.44	89.62	85.79	73.76	117.48
Mean	51.64	36.06	29.19	119.01	76.75	61.75	35.11	115.99	73.12	56.43	48.38	79.42	98.17	81.38	66.76	127.63
SD	20.84	11.14	9.69	53.92	40.04	21.16	8.78	54.26	34.07	16.88	13.96	42.58	27.92	15.81	12.32	43.58

